

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA KRYTU

PRODUCTION OF THE COVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

PETR DYMÁK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2012/13

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Dymák

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Výroba krytu**

v anglickém jazyce:

### **Production of the cover**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby krytu o velké sérii. Součástka je válcového tvaru s přírubou, prolisy ve dně a otvory pro přišroubování. Bude vyráběna technologií tažení bez ztenčení stěny s využitím konvenčního nástroje. Na tuto problematiku bude také zaměřena aktuální literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Práce bude obsahovat rozbor současného stavu a variantní řešení možností výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti. Pro zvolenou technologii bude provedena aktuální literární studie, následovat bude návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty. Součástí řešení bude i návrh sestavy nástroje, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. HELLWIG, W. und E. SELMINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5 th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
3. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
4. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
5. ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. Příručka pro lisování za studena. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.
6. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBENSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
7. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luďek MÁDLE. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

v Brně, dne 22.11.2012

.....  
prof. Ing. Miroslav Píška, Csc.  
Ředitel ústavu

.....  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

### **Petr Dymák: Výroba krytu**

Kryt je součástka používaná k zakrytí ložiska motoru. Materiál, použitý pro jeho výrobu, je ocel 11 320. Z možných technologií pro výrobu byla zvolena jako nejvhodnější metoda konvenčního tažení bez ztenčení stěny. Pro zhotovení krytu byl spočítán průměr přístřihu 477 mm, který bude vyroben z tabule plechu o rozměrech 1 x 3000 x 1500 mm. K tváření bude použit hydraulický dvojčinný lis CTH 250 od společnosti ŽĐAS a.s., pro který bude navržen tažný nástroj. Po provedení ekonomického zhodnocení byla stanovena cena jedné součástky na 62 Kč ze série 100 000 ks/rok.

Klíčová slova: kryt, tažení, výtažek, tváření, nástroj

## **ABSTRACT**

### **Petr Dymák: Production of the cover**

The cover is a component used to cover the motor bearing. A material, used for its production, is steel 11 320. Of the possible technologies was selected as the most suitable for production the method of conventional campaign without wall thinning. For production of the cover has been calculated the blank diameter of 477 mm, which is made of a metal sheet with the dimensions 1 x 3000 x 1500 mm. Literary study is focused on the analysis of the technology. Semi-finished product of cover component will be cut in sheet measuring 1 x 1500 x 3000 mm. For forming of the component will be used hydraulic double-acting press CTH 250 from company ŽĐAS a.s. After the economic evaluation was determined price of one part to amount of 62 CZK in series of 100 000 pieces/year.

Keywords: cover, draught, extract, forming, instrument

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DYMÁK, Petr. *Výroba krytu*. Brno, 2013. 39 s., 4výkresy, 3 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

Ve Žďáru nad Sázavou dne 23.05. 2013

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné rady a připomínky týkající se zpracování bakalářské práce.

# OBSAH

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

ÚVOD .....	10
1 ROZBOR SOUČÁSTI .....	11
1.1 Možnosti výroby .....	12
2 TAŽENÍ .....	14
2.1 Velikost přístřihu plechu .....	15
2.2 Tažná mezera, rychlost .....	16
2.3 Počet tažných operací .....	17
2.4 Volba přidržovače .....	18
2.5 Síla a práce .....	18
2.6 Tažné nástroje .....	20
2.6.1 Tažnice.....	21
2.6.2 Tažníky .....	23
2.6.3 Přidržovače .....	24
2.7 Stroje .....	24
2.7.1 Mechanické lisy .....	25
2.7.2 Hydraulické lisy .....	26
2.8 Maziva pro tažení .....	27
3 NÁVRH VÝROBY KRYTU .....	28
3.1 Výpočet průměru přístřihu .....	28
3.2 Nástřihový plán .....	29
3.3 Výpočet síly a práce .....	32
3.4 Technologické výpočty tažení .....	33
3.5 Popis sestavy nástroje .....	34
3.6 Volba stroje .....	35
4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	36
5 ZÁVĚR.....	39

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

SEZNAM SYMBOLŮ

SEZNAM PŘÍLOH

SEZNAM VÝKRESŮ



## ÚVOD

Ve strojírenství lze zhotovovat produkty různými technologiemi. Výroba těchto produktů by měla být v daném čase, kvalitě a nákladech, které vyhovují požadavkům jak nakupujícího, tak i výrobce. Zvolená technologie by měla zaručit výrobu kvalitního produktu při co nejnižších nákladech. Jednou z takových výrobních technologií je i technologie tváření.

Tváření je jeden z nejproduktivnějších a nejdůležitějších procesů ve strojírenské technologii vůbec. Zpracování kovů tímto způsobem v automatizované výrobě je z hlediska ekonomiky a hospodárnosti lepší než opracování třískovým obráběním. Výhodami tváření je zejména vysoká výrobnost, velmi dobrá rozměrová přesnost, kvalita výrobků, dobré využití materiálu a snižování výrobních nákladů při sériové výrobě.

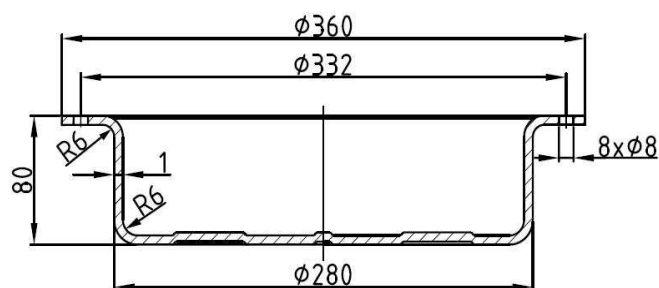
Podle technologie je tváření děleno na objemové (pěchování, protlačování, kování, atd.) nebo plošné (ohýbání, tažení, stříhání atd.). Vyráběné součásti je možno tvářet za tepla nebo studena a to na strojích, mezi které patří např. lisy, buchary, ohýbačky, atd. Příklady výrobků zhotovovaných tvářením jsou zobrazeny na obr. 1.



Obr. 1 Produkty zhotovované tvářením [7, 13, 17]

# 1 ROZBOR SOUČÁSTI

Řešená součástka je kryt motoru (obr. 3). Jeho hlavním úkolem je bezpečné zakrytí ložiska motoru stroje. Vyráběná součást je rotačního tvaru s přírubou a její rozměry jsou zobrazeny v řezu na obrázku 2. Tloušťka součástky je 1 mm. V přírubě o průměru 360 mm je na roztečné kružnici o průměru 332 mm pod stejným úhlem rozmístěno 8 otvorů o průměru 8 mm. Tyto otvory slouží k upevnění na motor pomocí šroubů. Průměr pláště 280 mm a jeho výška 80 mm jsou navrženy tak, aby při chodu stroje nedocházelo ke kontaktu mezi ložiskem a stěnami krytu. Dle požadavku konstruktéra je přechod dna a příruby do pláště zaoblen rádiusem R6. Ve dně součásti jsou prolisy z důvodu vyztužení součásti. Výroba bude velkosériová zhruba 100000 kusů za rok. Při výrobě je nutné dodržet přesnost roztečí děr v přírubě, aby jejich poloha byla shodná s polohami děr na motoru, ke kterému je kryt přišroubován. Ostatní rozměry jsou navrženy bez vyšších nároků na geometrickou a rozměrovou přesnost i strukturu povrchu.



Obr. 2 Řez krytem



Obr. 3 Kryt motoru

Při volbě vhodného materiálu je nutno zvážit funkčnost a použití krytu. Materiál musí být vhodný pro tvářecí technologie. V prostředí, ve kterém se bude vyskytovat, bude náchylné na vznik koroze. Pro zmenšení rizika jejího vzniku bude součást natřena ochrannou barvou. Nejvhodnějším materiálem pro výrobu je ocel třídy 10 a 11.

Po zvážení všech požadavků bude zvolena jako nejvhodnější ocel 11 320. Tato ocel je svařitelná, dobře tvárná za tepla i za studena a je vhodná pro hluboké tažení. Materiál má vyhovující mechanické vlastnosti a možnost povrchových úprav pokovováním nebo smaltováním. Ocel je neuklidněná, proto musí být zpracována v určitém čase. Výhodou je nízká cena materiálu. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou popsány v tabulce 1.

Tab. 1 Mechanické a chemické vlastnosti oceli 11 320 [5]

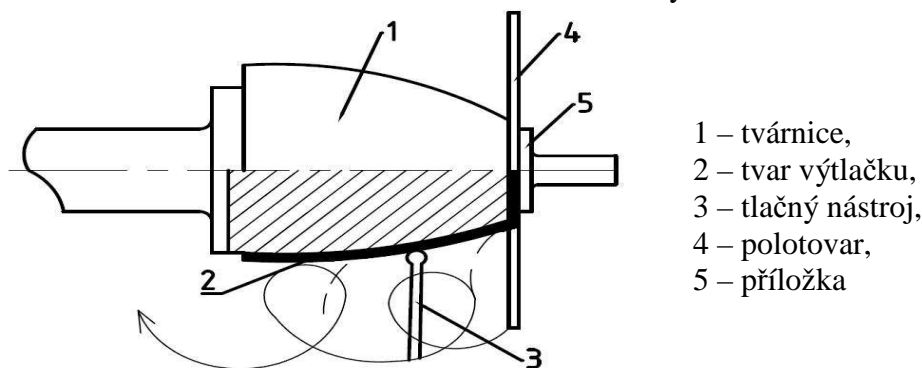
Materiál	Ocel 11 320 (1.0332)		
Mechanické vlastnosti	Mez pevnosti Rm [MPa]	Tažnost A <sub>t</sub> [%]	Mez kluzu Re [MPa]
	270 – 370	30	260
Chemické složení	Uhlík – C [%]	Síra – S [%]	Fosfor – P [%]
	0,11	0,045	0,045

## 1.1 Možnosti výroby [1], [15], [16]

Součástku lze zhotovit několika možnými způsoby. Nejvhodnější metoda musí mít vhodné ekonomické náklady a její technologie by měla být co nejsnadnější na výrobu. U zadané součásti musí být zvolenou technologií dodrženy požadavky na přesnost a požadovanou kvalitu výrobku. Pro zhotovení polotovaru bude vyráběn přístřih z pásu plechu. Při volbě nejvhodnějšího způsobu výroby krytu budou zváženy následující varianty:

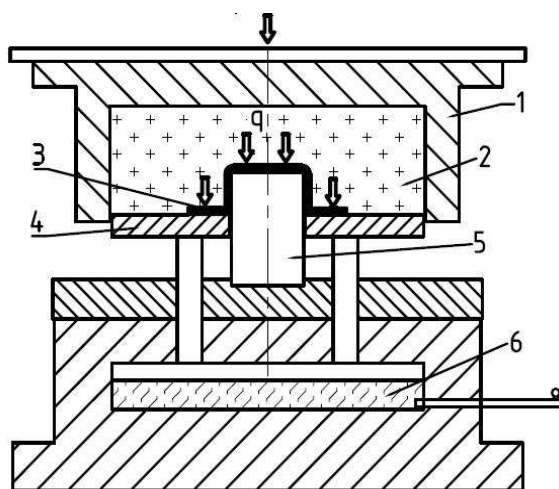
- Kovotlačení a lisování - kovotlačení je technologický způsob, který se používá pro výrobu specifických tvarů výrobků dutého a vypouklého tvaru (obr. 4). Tvar výrobku se získává rotováním a zároveň tlačení dutého polotovaru na tvárnici, která udává výsledný tvar hotové součásti. Rotační pohyb koná tvárnice, polotovar a příložka, která přitlačuje polotovar k tvárnici. Změna tvaru v hotový výrobek je pouze v místě působení tlačného nástroje. Po zhotovení tvaru kovotlačením na prvním stroji následuje lisování prolisů ve dně krytu na druhém stroji. Tato operace bude prováděna na lisovacím nástroji, který zhotoví požadovaný tvar prolisů.

Technologie kovotlačení není vhodná pro sériovou výrobu. Dále by touto metodou nebyla dosažena požadovaná drsnost povrchu krytu. Nevýhodná je také výroba na dvou strojích (tvar a prolisy), při které by bylo dosaženo vysokých výrobních časů.



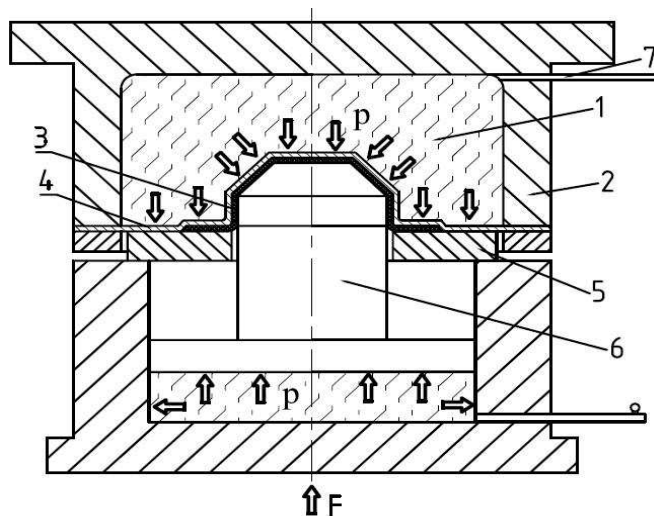
Obr. 4 Kovotlačení [1]

- Tváření pryží - metoda Marform – tato metoda je zobrazena na obrázku 5. V ocelové skříni (1) je umístěna pryž (2), která spolu se skříní nahrazuje tažnici nástroje (obr. 5). Požadavek na velikost vrstvy pryže je trojnásobně větší než výška výtažku, aby nedošlo k rychlé ztrátě elasticity a opotřebení pryže. Tvářený plech (3) se umístí na hydraulický přidržovač (4) nástroje, který lze regulovat tlakem 'p' pomocí kapaliny (6). Poté je pomocí tažníku (5) vtlačován do pryže v ocelové skříni, kde získává požadovaný tvar. Výhodou této metody je možnost volby nižšího součinitele tažení díky tlaku, který působí rovnoměrně na povrch tvářeného plechu. Nevýhodou jsou delší výrobní časy, vyšší spotřeba energie a vhodnost pro malosériovou výrobu.



Obr. 5 Metoda Marform [15]

- Tváření kapalinou – metoda Hydroform – tato metoda je podobná metodě Marform a je zobrazena na obrázku 6. Kapalina (1) tvoří společně s ocelovou skříní (2) tažnici nástroje a je uzavřena a utěsněna pryžovou membránou (4). Tvářený plech (3) je umístěn na přídržovač (5), který je jako první přitlačen k membráně. Tím se zamezuje tvorbě vln na okrajích plechu. Poté je vtlačován tažník (6) do nádoby s kapalinou, kde dochází ke tváření materiálu. Nadměrné množství kapaliny je regulováno ventilem (7). Mezi výhody u této metody patří nízký součinitel tažení, regulovatelnost tlaku při tváření, možnost tažení hlubokých a složitých tvarů. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a složitost těsnění v hydraulickém systému nástroje.



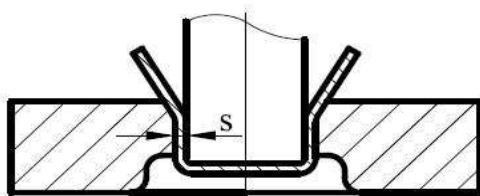
Obr. 6 Metoda Hydroform [15]

- Konvenční tažení – tato technologie tažení se provádí pomocí dvou kovových součástí v tažném nástroji (tažník a tažnice), které určují tvar hotového výtažku. Touto metodou lze zhotovovat různé typy výtažků např. válcových, čtvercových, kuželových profilů. Pro konvenční metodu jsou typické dva druhy tažení.

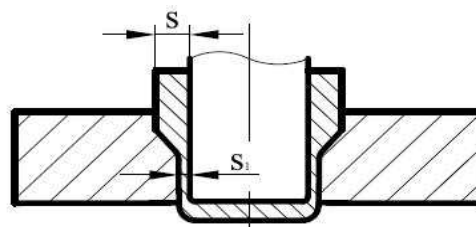
Při tažení bez ztenčení stěny (obr. 7) se tloušťka stěny výtažku 's' nemění a zůstává stejná v průběhu celé tažné operace. Metodou lze zhotovovat různé tvary výtažků (např. s přírubou, bez příruby, rotační, nerotační, atd.).

U tažení se ztenčením stěny (obr. 8) dochází ke změně tloušťky s na  $s_1$ . Rozdílná bývá tloušťka dna a stěn výtažku. Tato technologie se nejčastěji využívá při druhých a následujících tazích a je vhodná pro zhotovování rotačních výtažků.

Výhodou této metody je využití ve střední a velkosériové výrobě a vysoká produktivita. Nevýhodou je vysoká cena nástroje, proto se tato metoda využívá nejčastěji při výrobě velkých sérií. Vyráběná součást má stejnou tloušťku stěny, proto ji nelze zhotovit tažením se ztenčením stěny.



Obr. 7 Tažení bez ztenčení stěny [4]



Obr. 8 Tažení se ztenčením stěny [4]

Nejvhodnější technologií pro výrobu zadané součásti je technologie tažení bez ztenčení stěny. Touto metodou budou nejlépe dodrženy požadavky na výrobu součásti, ať už se jedná o rozměrovou či geometrickou přesnost nebo požadovanou drsnost povrchu. Výroba bude také výhodná z ekonomického hlediska, protože bude velkosériová.

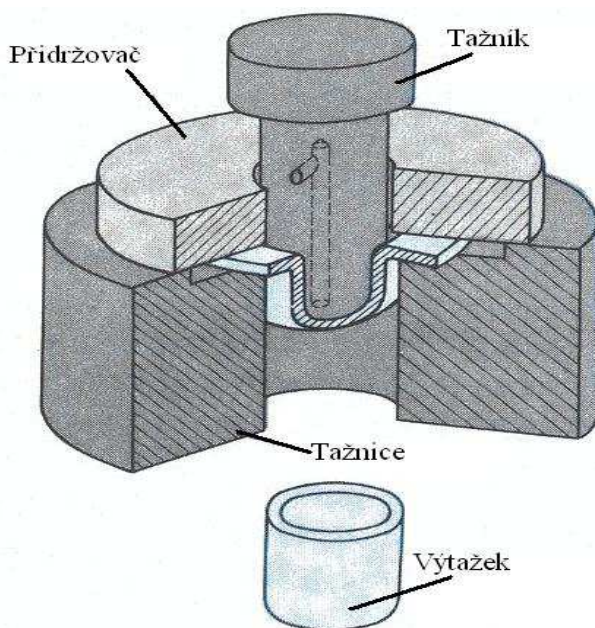
## 2 TAŽENÍ [1],[4],[14],[15],[16]

Tažení je technologický proces, při kterém dochází ke stálému přetvoření materiálu v hotové duté těleso. Tvary výtažků mohou být mělké, hluboké, rotační, nerotační, hranaté, s přírubou nebo bez příruby a nepravidelných tvarů. Podle složitosti a velikosti tvaru lze táhnout hotový výrobek jedním nebo dvěma a více tahy.

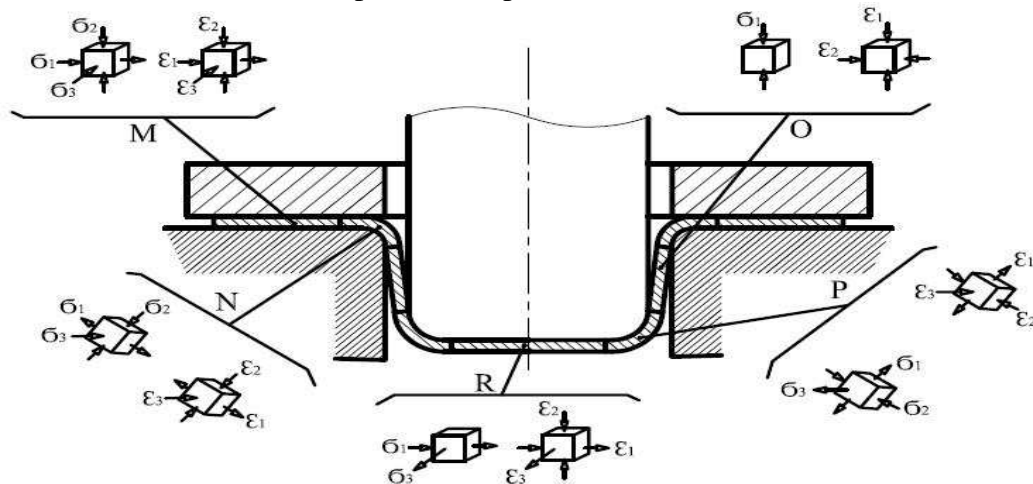
Nástroje používané při tažení se nazývají tažidla. Ty se skládají z tažníků, tažnic a dalších nástrojových součástí. Stroje používané pro tuto tvářecí metodu jsou lis.

Na obr. 9 je zobrazen řez tažným nástrojem. Přístřih plechu se vkládá na tažnici. Tvar plechu se začne měnit vlivem působení tlaku tažníku, který vtahuje plech do otvoru tažnice a získává požadovaný tvar výrobku. Při tažení se zmenšuje průměr přístřihu, čímž vzniká na okrajích výtažku pěchování materiálu. Následkem může dojít k tvorbě vln na okraji výtažku. K zabránění zvlnění se používá přidržovač, který působí na tažený materiál tlakem proti tažnici a tím znemožňuje vznik vln.

Při výrobě vzniká napjatost, která je v různých částech výtažku odlišná. Dochází i k mechanickým změnám taženého plechu. Na obr. 10 jsou znázorněna hlavní napětí ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) a deformace ( $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ ) při tažení s přidržovačem.



Obr. 9 Řez tažným nástrojem [15]



Obr. 10 Napětí a deformace při tažení [14]

V oblasti (R) je dno vtahováno stejnoměrně do dvou směrů. V místě oblasti (P) vzniká dvoj či trojosá napjatost. „Plášť“ výtažku, oblast (O), je natahována pouze v jednom směru. V přechodu pláště do příruby, oblast (N), vzniká radiální ohyb a tangenciální tlak. Na přírubu, oblast (M), působí tlak kolmo na povrch. Dále je v této oblasti příruba v radiálním směru namáhána tahem a v tangenciálním směru tlakem. V ohybu dna výtažku se vyskytuje vysoké tahové napětí. Dochází zde k zeslabení tloušťky plechu a to může vést k utržení dna výtažku.

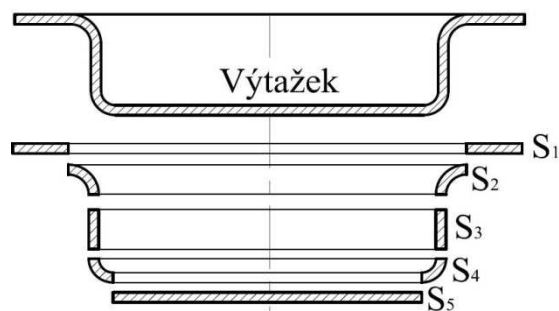


## 2.1 Velikost přístřihu plechu [1],[16]

Určení velikosti přístřihu plechu se provádí buď pomocí diagramu nebo výpočtem. Při stanovování jeho velikosti je podmínkou zachování stejného objemu materiálu, ze kterého bude výrobek tažen. Další podmínkou je předpoklad zachování stejné tloušťky plechu při procesu tažení. Tato podmínka je důležitá pro výpočet z rovnosti ploch. U plechů o malé tloušťce se pro výpočet používají vnější rozměry součástí. Pro plechy větší tloušťky se při výpočtu použije střední rozměr tloušťky plechu. Po vypočtení velikosti přístřihu se při jednooperačním tažení zvětšuje velikost přístřihu o 3% a při dalších operacích o 1%. Toto zvětšení se provádí z důvodu přídavku na ostřížení. Velikost průměru přístřihu lze vypočítat různými variantami.

První z variant je odečtení z grafu (příloha č. 1). Tato metoda je méně přesná a využívá se pro kontrolu velikosti přístřihů stanovených výpočtem. Je vhodná pro válcové výtažky jednoduchých tvarů.

Druhou variantou je rozdělení výtažku na jednoduché geometrické tvary a dosazení do vzorce. Tyto tvary jsou zřejmé na obrázku 11. Poté se vypočítají jednotlivé plochy ( $S_1$  až  $S_5$ ), pro které jsou v literatuře č. 2 zjednodušené vzorce. Dané vzorce neuvažují tloušťku stěny. Celkový součet těchto ploch ' $S_c$ ' se poté dosadí do vzorce (2.1). Tato varianta je určena pro výpočty tažení bez zeslabení stěny nesložitých rotačních tvarů výtažků. Vzorec pro výpočet průměru přístřihu je:

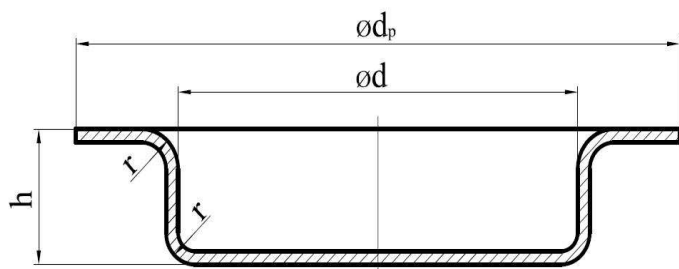


Obr. 11 Rozdělení výtažku [16]

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_c}{\pi}} \text{ [mm]}, \quad (2.1)$$

kde:  $D_0$  – průměr přístřihu [mm].

Třetí variantou je dosazení do vzorce, který je zjednodušen přímo pro zadaný tvar výtažku. Na obr. 12 jsou zakótovány rozměry potřebné k výpočtu průměru přístřihu pro výtažek s přírubou. Tato varianta výpočtu je rovněž určena pro tažení bez zeslabení stěny a pouze pro výtažky rotačních tvarů. Pro výpočet přístřihu výtažku bez příruby je určen vzorec:



Obr. 12 Výtažek s přírubou [16]

$$D_0 = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d \cdot h} \text{ [mm]}, \quad (2.2)$$

kde:  $d_1$  – vnitřní průměr výtažku [mm],

$h$  – výška výtažku [mm].

Tento vzorec je rychlý a nenáročný. Při přesnějším výpočtu výtažku s přírubou je nutno brát v ohledu zaoblení příruby a dna do pláště výtažku. Pro tento výpočet je určen vztah:

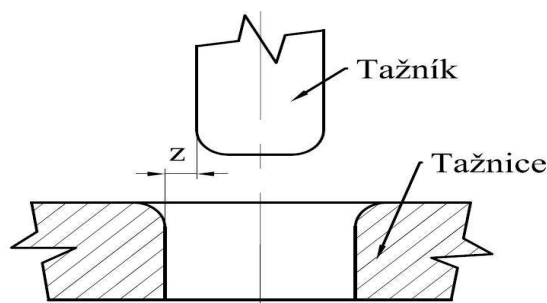
$$D_0 = \sqrt{d_p^2 + 4 \cdot d \cdot h - 3,44 \cdot d \cdot r} \text{ [mm]}, \quad (2.3)$$

kde:  $d_p$  – průměr příruby výtažku [mm],

$r$  – poloměr zaoblení přechodu pláště do příruby a dna výtažku [mm].

## 2.2 Tažná mezera, rychlost [1], [16]

Tažná mezera je prostor mezi tažníkem a tažnicí, kudy prochází tvářený plech (obr. 13). Její velikost při tažení musí být větší, než je tloušťka taženého materiálu. Pokud by byla malá, hrozilo by utržení dna výtažku vlivem zvyšující se tažné síly. Naopak, kdyby byla příliš velká, měla by za následek vznik vln v plášti výtažku. Dojde-li na kalibraci, musí být hodnota mezery rovna tloušťce taženého plechu. Její velikost lze získat výpočtem nebo z doporučených hodnot v tabulkách (tab. 2).



Obr. 13 Tažná mezera [14]

Tab. 2 Doporučené hodnoty tažné vůle [16]

Tloušťka plechu [mm]	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	3
Tažná vůle [mm]	0,45	0,65	0,9	1,2	1,4	1,75	2,4	3,5

Norma ČSN doporučuje výpočet mezery pro první tažnou operaci dle vzorce

$$z = (1,2 \div 1,3) \cdot s \quad [\text{mm}], \quad (2.4)$$

kde:  $z$  – tažná mezera [mm],

$s$  – výchozí tloušťka plechu [mm].

Při víceoperačním tažení je rozsah velikosti mezery dán vztahem

$$z = (1,1 \div 1,2) \cdot s \quad [\text{mm}]. \quad (2.5)$$

Na plynulý průběh tažení má společně s tažnou mezerou vliv i rychlost tažení. Její nejvyšší hodnota dosahuje při dosednutí tažníku na přístřih plechu. Velikost rychlosti by neměla překročit určitou mez, při které by došlo k různým vadám či porušení na výtažku. Nejmenší hodnoty nabývá při dokončení tažné operace. V současné době lze u modernějších lisů nastavit velikost rychlosti dle vlastní potřeby. Starší stroje tuto vlastnost nemají, proto je jejich rychlost konstantní a nelze ji regulovat. Příklady tažných rychlostí pro oceli jsou zapsány v tabulce 4.

Tab. 4 Doporučené tažné rychlosti [16]

Tažený materiál	Tažná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
Austenitická korozivzdorná ocel	7
Nelegovaná ocel	17

Rychlost lze také určit pomocí výpočtu, který určí nejvyšší rychlost při dosednutí tažníku na přístřih plechu. Vzorec pro tento vztah je

$$v = 0,0063 \cdot n \cdot \sqrt{g \cdot p_1 - p_1^2} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad (2.6)$$

kde:  $n$  – počet otáček lisu [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],

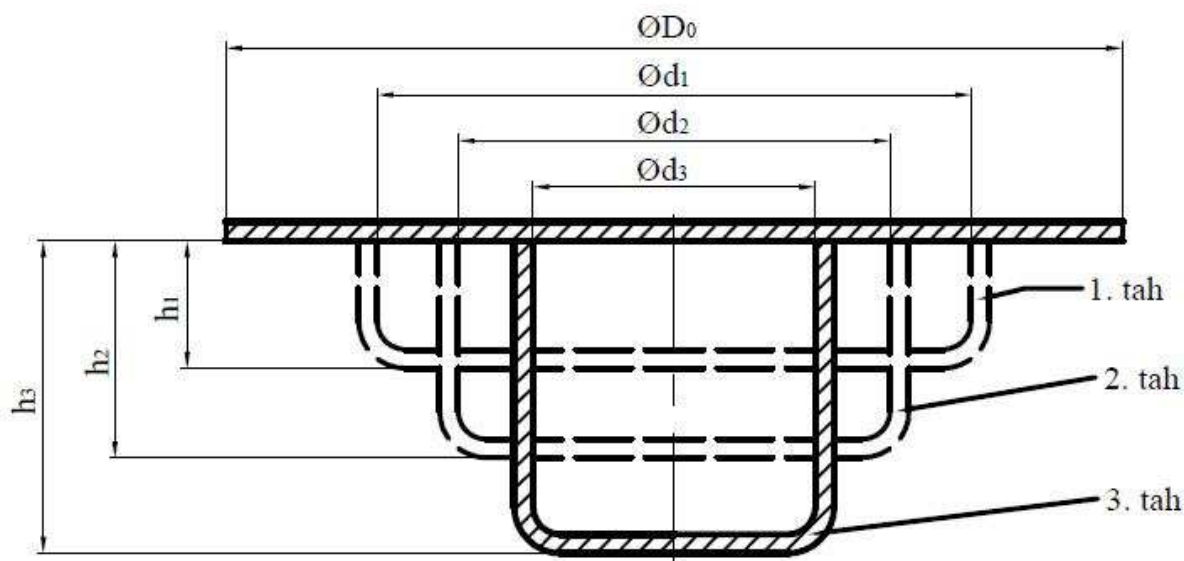
$g$  – celkový zdvih beranu lisu [mm],

$p_1$  – pracovní pohyb tažníku [mm].

## 2.3 Počet tažných operací [1], [3], [6]

Zadaný výrobek lze zhotovit jednou nebo více tažnými operacemi. Na počet operací má vliv rozměr, složitost tvaru, tloušťka a druh materiálu výtažku. Nízké a tvarově nenáročné výtažky jsou vyráběny jedním tahem. Hluboké tvary malých průměrů nebo tvarově složité součásti nutno táhnout více tahy.

Při víceoperačním tažení (obráz. 14) se v 2. a dalších operacích snižuje plasticita materiálu. Je to způsobeno rychlejším nárůstem meze kluzu ' $R_e$ ' vůči nárůstu meze pevnosti ' $R_m$ '. Proto je nutno materiál po 3. operaci rekrystalizačně žíhat. Tímto tepelným zpracováním materiál opět získává vhodné vlastnosti pro další tažení.



Obr. 14 Víceoperační tažení [1]

Tažné operace lze určit pomocí nomogramu (příloha č. 2). Tato varianta se využívá k rychlému orientačnímu určení počtu operací. Využití této metody je nejčastěji při tažení jednoduchých tvarů výtažků.

Dalším způsobem určení počtu tažných operací je výpočet pomocí součinitele tahu ' $m$ '. Na jeho velikost má vliv:

- druh a kvalita materiálu
- poměrná tloušťka materiálu ( $s/D$ )
- konstrukce tažníku a tažnice
- mazivo
- jakost povrchu materiálu a další

Výpočet počtu tažných operací pomocí součinitele tahu je dán vztahem:

$$m_1 = \frac{d_1}{D_0} \text{ - součinitel tahu pro první tah,} \quad (2.7)$$

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1} \text{ - součinitel tahu pro druhý tah,} \quad (2.8)$$

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} \text{ - součinitel tahu pro následující tahy.} \quad (2.9)$$

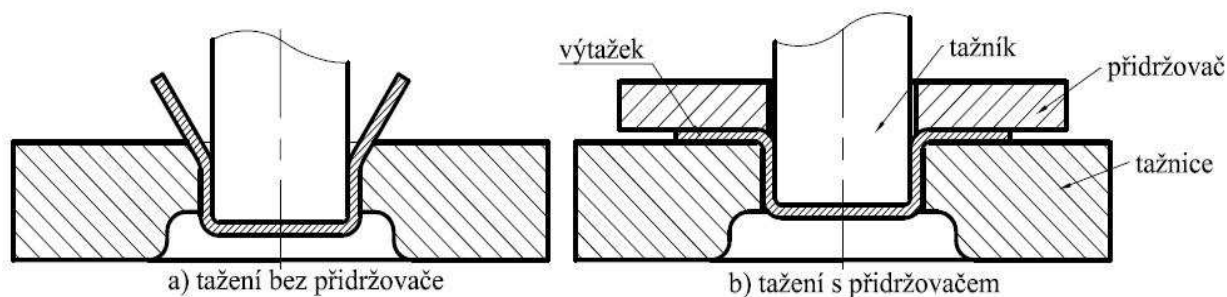
Minimální hodnoty součinitele tahu pro hluboké tažení oceli:

$m_1 = 0,48 \div 0,50$ ;  $m_2 = 0,73 \div 0,75$ ;  $m_3 = 0,76 \div 0,78$



## 2.4 Volba přidržovače [1], [4], [16]

Tvorbě vln a nežádoucích nerovností na povrchu výtažku zabraňuje přidržovač. Při víceoperačním tažení má také ve druhém a dalších tazích funkci vystředění výtažku vůči tažnici. Plechy o větší tloušťce jednoduchých tvarů se mohou táhnout bez přidržovače (obr. 15a). Tenké plechy do tloušťky 0,5 mm se vždy táhnou s přidržovačem (obr. 15b). Pro určení tažení s přidržovačem nebo bez přidržovače existuje více druhů metod.



Obr. 15 Způsoby tažení [4]

Určení dle normy ČSN 22 7301 vychází z dané rovnice

$$\alpha = 50 \cdot \left( z_m - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) [-], \quad (2.10)$$

kde:  $\alpha$  – součinitel [-],

$z_m$  – materiálová konstanta (pro hlubokotažný ocelový plech  $z_m = 1,9$ ).

Vyjde-li  $\alpha > 100 \cdot d_1/D_0$  je při tažení nutné použít přidržovače. Při víceoperačním tažení platí pro 2. a další tahy rovnice  $d_n/d_{n-1} < 0,9$ . Pokud je tato podmínka splněna, musí být součást tažena s přidržovačem.

Vychází-li hodnota  $\alpha < 100 \cdot d_1/D_0$ , tažnou operaci lze provést bez přidržovače. Při splnění této podmínky se jedná o mělké tažení.

$$\text{Freidling uvádí podmínku o poměrné tloušťce } \Delta s = (s/D_0) \cdot 100 [-]. \quad (2.11)$$

Platí-li  $\Delta s < 1,5$ , pak při tažení musí být použit přidržovač. Vyjde-li  $\Delta s > 2$ , výtažek lze zhotovit bez přidržovače. Dojde-li k situaci, že  $\Delta s = 1,5 \div 2$ , potom se musí způsob tažení ověřit až v praxi.

Kontrola přidržovače podle Šofmana je odvozena dle vztahu:

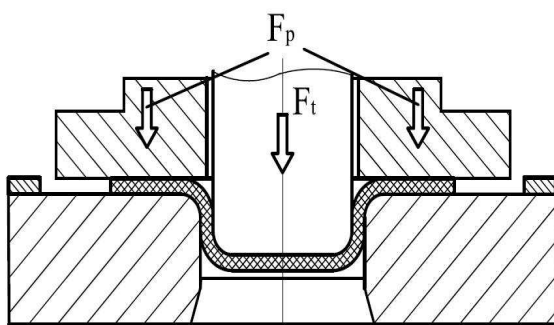
$$D_0 - d_1 \leq 18 \cdot s [-]. \quad (2.12)$$

Pokud je tato podmínka splněna, tažení lze provést bez přidržovače.

## 2.5 Síla a práce [1], [4], [10], [15]

Aby došlo ke změně tvaru přístřihu plechu v hotový výtažek, je třeba na něj působit určitou silou. Tato veličina se nazývá tažná síla ' $F_t$ ' (obr. 16). Její působení je nejen v plášti výtažku, ale vzniká i třením taženého materiálu o tažník nástroje. Průběh tažné síly během tažné operace není konstantní (obr. 17), proto nabývá maximální hodnoty po dosažení hloubky  $h_1 = R_{tu} + R_{te} + s$ .

Vlivem tažné síly roste tahové napětí v plášti výtažku. Výpočet tažné síly pomocí tahového napětí je složitý a zdoluhavý. Proto se v praxi používají zjednodušené vztahy. Výpočet dle zjednodušeného vztahu je:



Obr. 16 Tažná a přidržovací síla [4]



Obr. 17 Průběh tažné síly [1]

$$F_t = \pi \cdot d_1 \cdot s \cdot R_m \cdot n \quad [\text{N}], \quad (2.13)$$

kde:  $R_m$  – mez pevnosti materiálu [MPa],  
 $n$  – koeficient závislý na koeficientu tahu.

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty pro koeficient 'n' závislého na součiniteli tahu ' $m_1$ '. Tyto hodnoty jsou provázány s vyhovujícím tažným poloměrem a mezerou.

Tab. 5 Hodnoty koeficientu n [10]

$m_1 = d/D$	0,55	0,575	0,60	0,625	0,65	0,675	0,70	0,75	0,8
n	1,0	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60	0,50	0,40

Tento vztah platí pro tažení bez kalibrování. Pokud by tažení bylo s kalibrováním, je třeba sílu zvětšit 1,5 až 3 krát. Při víceoperačním tažení se výsledná hodnota síly v následujících tazích zvětšuje o 15% z důvodu zpevňování se materiálu. Toto zvětšení se provádí pouze za podmínky, že materiál nebyl mezioperačně žlhnán.

Pro správnou volbu lisu a určení jeho potřebné síly ke tváření je třeba v praxi určit maximální sílu ' $F_{\max}$ ', při které dojde k utržení dna výtažku. Důležitou podmínkou je, aby velikost ' $F_{\max}$ ' byla větší než ' $F_t$ '. Výpočet této síly se provádí vynásobením meze pevnosti ' $R_m$ ' plochou taženého materiálu. Pro výtažek kruhového tvaru platí vztah:

$$F_{\max} = \pi \cdot d_1 \cdot s \cdot R_m \quad [\text{N}]. \quad (2.14)$$

Při tažení s přidržovačem je nutné určit sílu od přidržovače. Přidržovací síla ' $F_p$ ' působí na přístřih plechu kolmým směrem na povrch tažnice (obr. 16). Její velikost musí být taková, aby při ní nedocházelo k tvorbě vln, prasklin a dalších nežádoucích prvků na povrchu taženého materiálu. Přidržovač také nesmí zabráňovat plynulému tažení materiálu vlivem působení tažníku, který jej vtahuje do tažnice nástroje. Mezi faktory, které ovlivňují přidržovací sílu patří druh, tloušťka materiálu a deformace. Přidržovací sílu lze určit ze vzorce:

$$F_p = S_c \cdot p \quad [\text{N}] \quad (2.15)$$

kde:  $S_c$  – činná plocha pod přidržovačem [ $\text{mm}^2$ ],

$p$  – měrný přidržovací tlak - pro hlubokotažný ocelový plech  $2 \div 3$  [MPa].

Velikost přidržovacího tlaku pro ocelový plech je uvedena v tabulce 6, kde je jeho určení závislé na druhu a tloušťce materiálu.

Tab. 6 Hodnoty tlaků přidržovače [16]

		Tloušťka plechu [mm]				
		0,6	0,8	1	1,5	2
Tlak přidržovače pro ocelový plech [MPa]	Hlubokotažný	$2 \div 2,4$	$1,9 \div 2,3$	$1,8 \div 2,3$	$1,8 \div 2,2$	$1,8 \div 2,1$
	Tvrký	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6

Protože budou ve dně součásti zhotovovány prolisy pomocí elastomeru, je nutné určit sílu na jejich proražení  $F_r$ . Tato síla bude počítána dle vztahu:

$$F_r = S_t \cdot q \text{ [N]} \quad (2.16)$$

kde:  $S_t$  – plocha tažníku  $[\text{mm}^2]$ ,

$q$  – měrný tlak elastomeru  $[\text{MPa}]$  - ( $q = 20 \text{ MPa}$ ).

Celková síla je důležitá pro správnou volbu stroje, na kterém bude zadaná součást vyráběna. Jedná-li se o tažení s přidržovačem, stanoví se její velikost součtem tažné a přidržovací síly. K těmto silám je třeba také přičíst sílu na ražení prolisů.

$$F_c = F_t + F_p + F_r \text{ [N]}, \quad (2.17)$$

Tažná práce, což je plocha pod křivkou skutečné tažné síly, se vypočítá ze vztahu:

$$A = \frac{C \cdot F_c \cdot h}{100} \text{ [J]}, \quad (2.18)$$

kde:  $C$  – součinitel zaplnění diagramu,

$C = 0,66$  – tažení bez kalibrování,

$C = 0,8$  – tažení s kalibrováním,

$h$  – vnitřní výška výtažku  $[\text{mm}]$ .

## 2.6 Tažné nástroje [4], [8], [10], [15]

Tažné nástroje, nebo-li tažidla, jsou sestaveny z různých nástrojových součástí určených k technologii tažení. Horní část nástroje je upnuta normalizovanými stopkami v beranu lisu. Spodní část se upíná pomocí šroubů a upínek na stůl stroje. Ke správnému konstruování a zhotovení tažidla je třeba znát geometrii, funkčnost výtažku a v neposlední řadě také tloušťku a mechanické vlastnosti taženého materiálu.

Druhy tažidel lze rozdělit podle počtu tažných operací na:

- tažidla pro 1. tah
- tažidla pro 2. a následující tahy

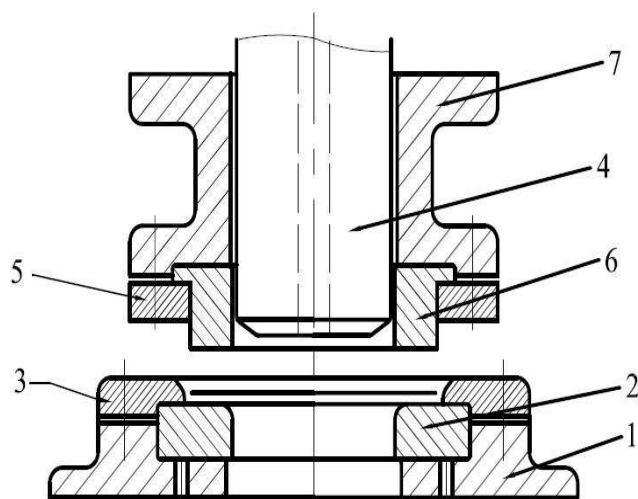
Podle složitosti konstrukce se tažidla dělí na:

- jednoduché – lze jimi provádět jednu tažnou operaci
- sdružené – možno provádět více technologií na jednom nástroji (např. stříhání + tažení, apod.)
- sloučené – umožňují provést více tažných operací při jednom zdvihu lisu
- postupové – výtažek může být tažen v několika krocích na jednom nástroji

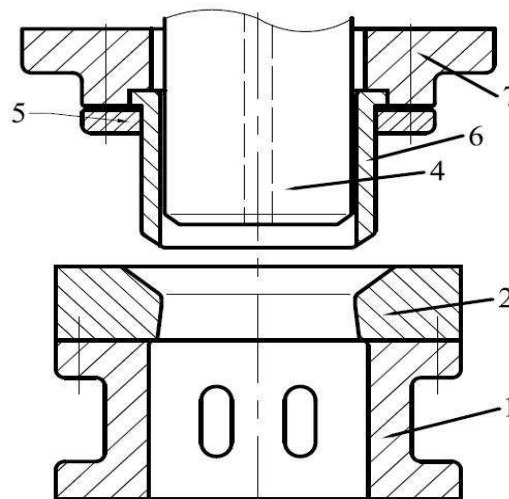
Při konstruování nástroje je také nutné brát v úvahu typ stroje, na kterém bude tažení prováděno. Proto mohou být konstruovány tažidla pro různé typy lisů.

Tažidlo pro 1. tažnou operaci s přidržovačem je zobrazeno na obrázku 18. Spodní část tažidla tvoří základová deska (1), ke které je pomocí zakládacího kroužku (3), kolíků a šroubů připevněna a vystředěna tažnice (2). V základové desce jsou dále otvory určené pro vysunutí tažnice. Vrchní část tažidla tvoří horní upínací deska (7), ke které je upnut pomocí kroužku (5) a zároveň vystředěn přidržovač (6). V horní upínací desce a přidržovači je otvor pro tažník (4), který se upíná pomocí stopky k beranu lisu. Tažník musí být středěn proti tažnici ve spodní části nástroje.

Konstrukce tažidel pro 2. a další tahy (obr. 19) se podstatně liší od tažidel pro 1. tah. Základová deska (1) je delší na výšku díky narůstající výšce výtažku. K ní je pomocí šroubů a kolíků přišroubována a vystředěna tažnice (2) s mírně zkoseným otvorem. Délka přidržovače (6) je větší a jeho konec je také zkosený.



Obr. 18 Tažidlo pro 1. tah [10]



Obr. 19 Tažidlo pro 2. a další tahy [10]

Hlavní části tažných nástrojů jsou tažnice, tažníky a přidržovače. Tyto součásti budou dále podrobněji popsány. Mezi další důležité součásti patří základové a horní upínací desky nástroje.

Základová deska má hlavní funkci spočívající v upevnění tažného nástroje na stůl lisu a zajištění vedení nástroje. Důležité je, aby otvor v desce byl větší zhruba o 2 mm než otvor v tažnici. Materiál pro výrobu je ocel třídy 10 370, 11 500 u rozměrnějších nástrojů šedá litina 42 2425.

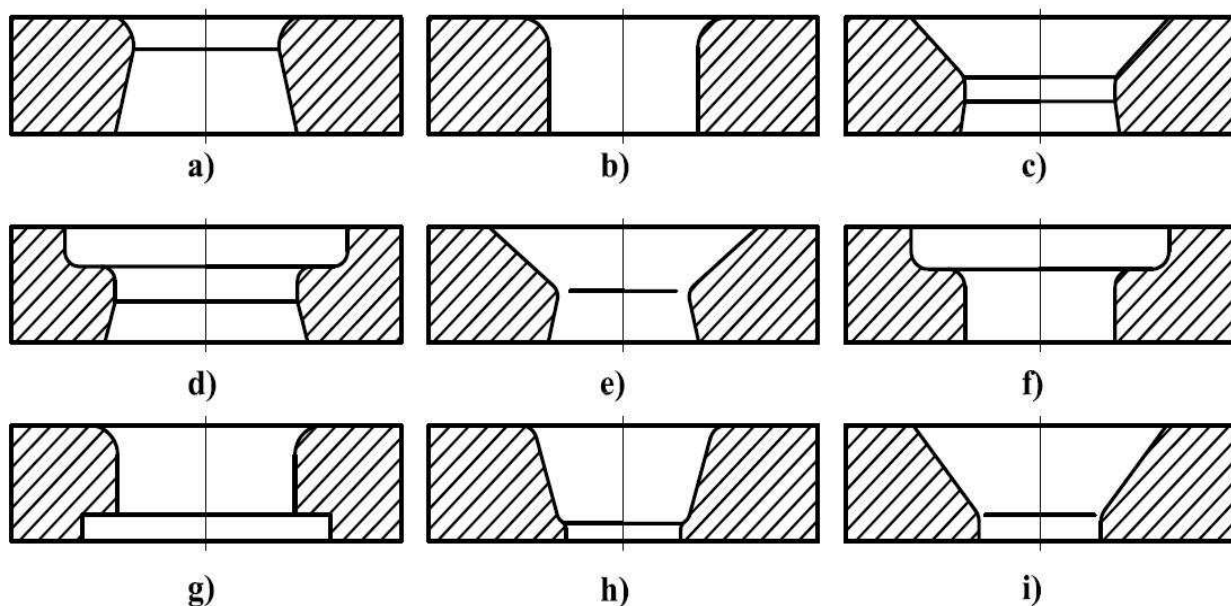
Horní upínací deska slouží k upevnění a zajištění spojení nástroje v beranu lisu. Menší rozměry desek jsou vyráběny z plechů tloušťky 23 až 50 mm. Plech je z oceli třídy 10 373, 11 500 nebo 11 523. Větší desky se odlévají z šedé litiny.

### 2.6.1 Tažnice [4], [8], [10]

Tažnice je jedna z hlavních částí tažného nástroje. Její konstrukce může být celistvá nebo vložková. V druhém případě konstrukce bývá zpravidla vložková jenom tažná hrana. Funkční částí je otvor, do něhož je v průběhu tažné operace vtahován přístřih plechu. Tvar a provedení tažné hrany tohoto otvoru závisí na profilu výrobku pro danou operaci a typu odstranění výrobku z tažnice. Při zhotovování kruhových součástí je tvar tažnice prstencový. U víceoperačního tažení bývá při druhém a dalším mezitahu spodní část tažnice odlehčena. Materiál používaný pro výrobu tažnic je nástrojová ocel (tř. 19 191, 19 436).

Funkční otvory tažnic mohou mít různé tvary. Jejich provedení je zobrazeno v řezu na obrázku 20. Provedení jednotlivých otvorů je vhodné pro:

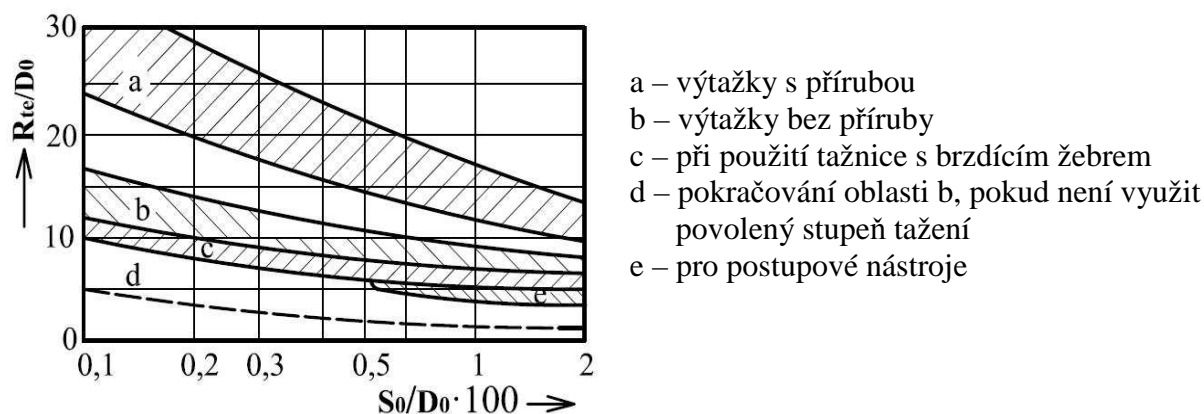
- výtažek se vrací nad tažnici a je setřen z tažníku
- výtažek propadá pod nástroj, je setřen ostrou hranou tažnice nebo speciálním stíračem
- pro druhý, případně další tahy, kdy se výtažek vrací nad tažnici
- pro druhý, případně další tah do průměru 60 mm, kdy se výtažek vrací nad tažnici
- pro druhý, případně další tah, kdy výtažek propadá
- pro druhý, případně další tah do průměru 60 mm, kdy výtažek propadá
- tažný otvor dole odlehčený
- tažný otvor mírně kuželový, výtažek propadá, vhodné pro nástroj bez přidržovače
- tažný otvor pro tlustší plechy
- tvarový tažný otvor buď kuželový nebo podle křivky zvané tratrix, vhodné pro tažení bez přidržovače



Obr. 20 Funkční otvory tažnic [10]

Při konstruování tažnice je důležité správné zaoblení tažné hrany ' $R_{te}$ '. Pokud je zaoblení hrany příliš malé, dochází k tvorbě trhlin na povrchu výtažku. Naopak při velkém zaoblení hrany se okraje výtažku zvlní. Poloměr zaoblení tažnice závisí na různých faktorech, ať už je to např. tloušťka, druh materiálu nebo velikost tažné plochy. Dále musí být dodrženo požadované opracování drsnosti povrchu tažných hran. Velikost poloměru tažné hrany lze určit více metodami.

Nejjednodušší metodou při stanovení poloměru tažnice je odečtení z diagramu (obr. 21). V diagramu jsou vyznačeny a popsány oblasti pro různé typy výtažků.



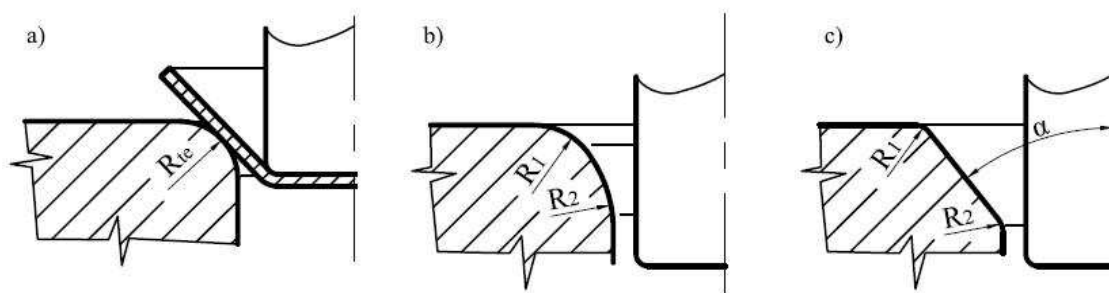
Obr. 21 Diagram závislosti poměrného poloměru na poměrné tloušťce [1]

Další z metod je výpočet poloměru pro první tažnou operaci pomocí vztahu:

$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{D_0 - d_1} \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (2.19)$$

Při první tažné operaci je velikost poloměru tažnice dána v rozmezí  $(8 \div 10) \cdot s$ . Pro výtažky průměrů větších než 60 mm se velikost poloměru stanovuje v rozmezí  $6 \div 10 \cdot s$ .

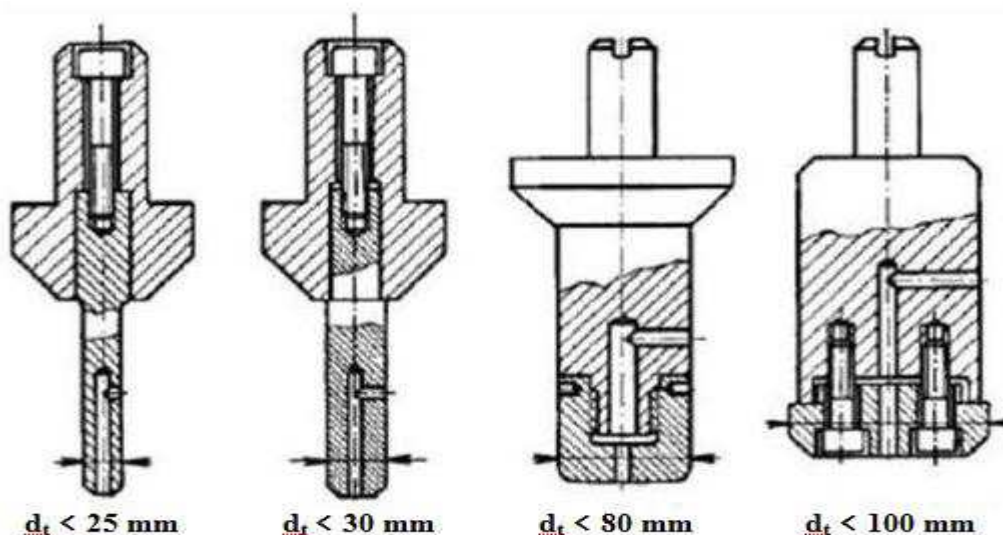
Při tažení bez přidržovače (zejména u tlustých plechů) je nutné vhodně upravit tvar hrany tažnice. Možné úpravy hrany jsou zobrazeny na obrázku 22. Změna tvaru se provádí z důvodu zvětšení deformace, což má za důsledek možnost volby nižšího součinitele tahu. Při provedení úpravy hrany křivkou tratrix (obr. 22b) lze zvolit součinitele tahu  $m = 0,35$ .



Obr. 22 Hrany tažnic při tažení bez přidržovače [1]

### 2.6.2 Tažníky [4], [8], [10]

Tažník je jednou z nejdůležitějších činných částí nástroje, jehož vnější tvar je shodný s vnitřním tvarem výtažku. Konstrukce může být celistvá nebo vložková. Vložkování se provádí převážně na tažné hraně, ale může být i na plášti tažníku pomocí zdrsňujících vložek. Zdrsňování na plášti se provádí z důvodu zvýšení tření se materiálu o nástroj, jehož důsledkem je snížení koeficientu tahu. Hlavními funkčními částmi tažníku jsou čelo, poloměr zaoblení tažné hrany a plášť. Konstrukce tažníku je závislá na velikosti průměru funkční části (obr. 23). Nástroje menších průměrů se vyrábí z jednoho kusu materiálu. U větších průměrů je nástroj rozdělen na držák a funkční část. Funkční část bývá k držáku připevněna pomocí šroubů nebo připájena. Důležitou součástí při konstruování tažníku je odvzdušňovací otvor sloužící pro jednodušší stírání výtažku z tažného nástroje. Tento otvor bývá umístěn svisle ve středu průměru tažníku. Do otvoru je zhotovena díra v podélném směru z důvodu přívodu vzduchu. Funkční části tažníku jsou nejčastěji vyráběny z nástrojových ocelí (tř. 19 191, 19 436), mohou ale také být z šedé litiny. Materiálem pro výrobu stopky a držáku je konstrukční ocel.



Obr. 23 Konstrukce tažníků podle velikosti průměru [4]

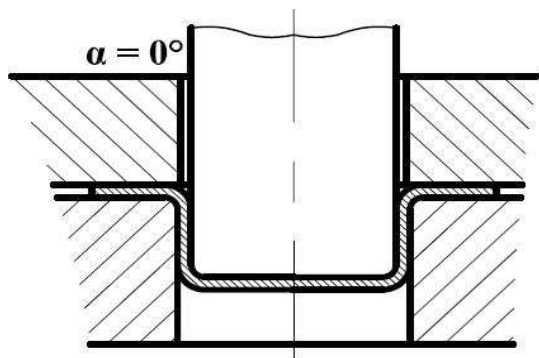
Poloměr zaoblení tažníku má zpravidla stejnou nebo větší velikost než zaoblení tažných hran v daných operacích. V první a předposlední operaci musí být poloměr tažnice roven poloměru tažníku ( $R_{te} = R_{tu}$ ). V tabulce č. 7 jsou uvedeny doporučené hodnoty pro minimální zaoblení tažníku. Pokud je třeba dosáhnout menšího ' $R_{tu}$ ', než je uvedeno v tabulce č. 7, je třeba začlenit kalibrační operaci, při které zůstává průměr výtažku stejný a mění se pouze ' $R_{tu}$ ' na předepsanou velikost.

Tab. 7 Minimální poloměr tažníku [1]

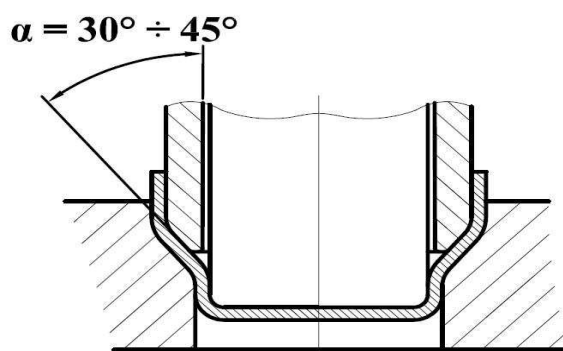
Průměr výtažku [mm]	Poloměr zaoblení tažníku [mm]
10 až 100	$(3 \div 4) \cdot s$
100 až 200	$(4 \div 5) \cdot s$
200 a více	$(5 \div 7) \cdot s$

### 2.6.3 Přidržovače [9], [13], [15]

Při konstruování přidržovače je nejnütnější podmínkou určení tažné operace, ve které bude tato nástrojová součást použita. U jednooperačního tažení je plocha přidržovače rovná a úhel  $\alpha$  je tedy roven  $0^\circ$  (obr. 24). Pro 2. a další tahy má přidržovací plocha nejčastěji kuželovitý tvar. Sklon plochy je v rozmezí od  $30^\circ$  do  $45^\circ$  (obr. 25). Kuželovitost přidržovače snižuje odpor, který klade tažený materiál při zajiždění tažníku do tažnice nástroje. V mimořádných případech lze konstruovat přidržovače pro 2. a další tahy rovné nebo různých tvarů, které zaručí větší výhody na funkčnost nástroje. Nejčastěji používaný materiál pro výrobu přidržovače je šedá litina 42 2425 a nástrojová ocel 19 191, 19 312.



Obr. 24 Přidržovač pro 1. tah [10]



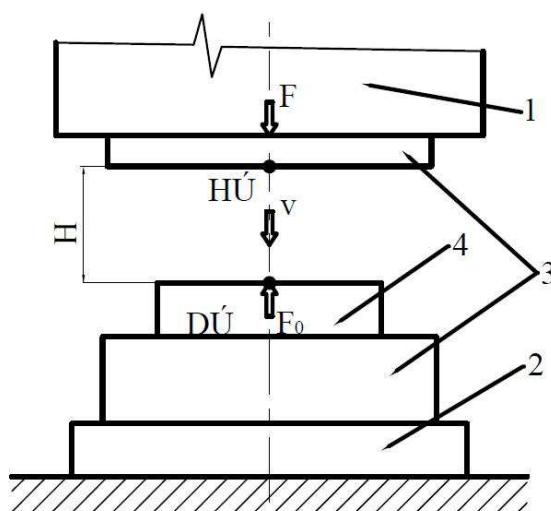
Obr. 25 Přidržovač pro 2. a další tahy [10]

## 2.7 Stroje [8], [10]

Při výrobě zadané součásti technologií tažení je nutné použití vhodného stroje. Nejvhodnější a zároveň nejpoužívanější jsou lisys. Pro jejich správnou volbu je nutné dbát na:

- sílu stroje
- rychlost pohonu stroje
- velikost zdvihu stroje
- druh požadované operace

Pro lisy je typický přímočarý pohyb nástroje. Hlavní části stroje jsou zobrazeny na obrázku 26. Beran lisu (1) se pohybuje svislým přímočarým vratným pohybem. Tento pohyb je v rozmezí horní úvratě HÚ a dolní úvratě DÚ. Polotovar (4) je umístěn ve spodní části nástroje (3), který je v horní části upnut k beranu lisu a ve spodní části ke stolu lisu (2). Počáteční pohyb beranu s nástrojem vychází z nulové hodnoty rychlosti ' $v$ '. Tato rychlost postupně nabývá na své hodnotě při pohybu beranu směrem dolů. V místě doteku nástroje s polotovarem je síla beranu



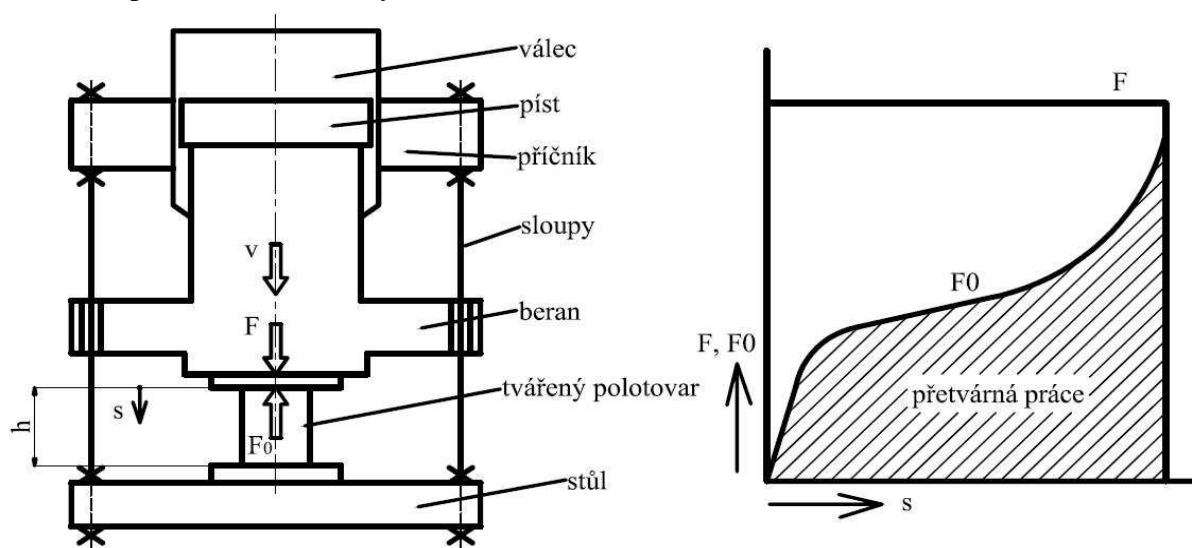
Obr. 26 Uspořádání lisovacího stroje [11]





### 2.7.2 Hydraulické lisy [9], [11]

Mezi typické představitele silových tvářecích strojů patří hydraulické lisy. Tyto stroje se využívají pro hluboké tažení, zhotovování výtažků složitých tvarů a výtažků, pro jejichž výrobu je třeba použít velkých tvářecích sil. Průběh těchto sil je zobrazen společně s uspořádáním lisu na obrázku 28. Princip práce hydraulických lisů spočívá v rovnoměrném vyvození tlaku kapaliny, která působí všemi směry. Pro vytvoření tlaku a požadované síly slouží hydraulický mechanismus. Jeho kapalinou může být olej nebo vodní emulze. Mezi výhody těchto strojů patří velikost rychlosti beranu ( $v = 0 \div 0,25$  m/s), možnost jejího nastavení a plynulé regulace. Další z výhod je nepřetížení stroje, jednoduchost obsluhy, možnost měření tvářecí síly v průběhu tažení, jsou tiché a pracují bez otřesů. Nevýhodami hydraulických lisů je menší produktivita práce, nutnost regulace spodní úvratě zarážkou, stanovení přesnosti tvářecí síly.



Obr. 28 Uspořádání hydraulického lisu [9]

Výhodami hydraulických lisů oproti mechanickým jsou:

- možnost konstruování lisu na sílu až  $10^3$  MN
- libovolnost nastavení rozsahu pracovního zdvihu vůči celkovému zdvihu beranu
- rychlost lze plynule regulovat
- snadné a rychlé zajištění pohybu beranu
- při libovolném zdvihu lze odebrat maximální sílu
- možnost nastavení konstantního tlaku a rychlosti beranu lisu

Nevýhody hydraulických lisů oproti mechanickým jsou:

- pohon je složitější konstrukce
- pro pomalejší chod beranu se snižuje výrobnost stroje
- náročnější údržba stroje
- náročnější určení příčiny poruchy
- vyšší pořizovací cena stroje (při stejné velké jmenovité síle až o 30%)

Dělení lisů dle jejich konstrukce je:

- stojanové
- rámové
- sloupové
- skříňové

Dále lze tyto lisy dělit podle mechanismu na:

- Mechanizmy s přímým pohonem – pro velikost tlaku do 20 MN, dobré využití v programovém řízení,
- Mechanizmy s nepřímým pohonem – použití při vysokých lisovacích rychlostech a vysokých jmenovitých sil u pomaluběžných lisů
- Mechanizmy s kombinovaným pohonem – využití při velkých jmenovitých silách

## **2.8 Maziva pro tažení [1], [16]**

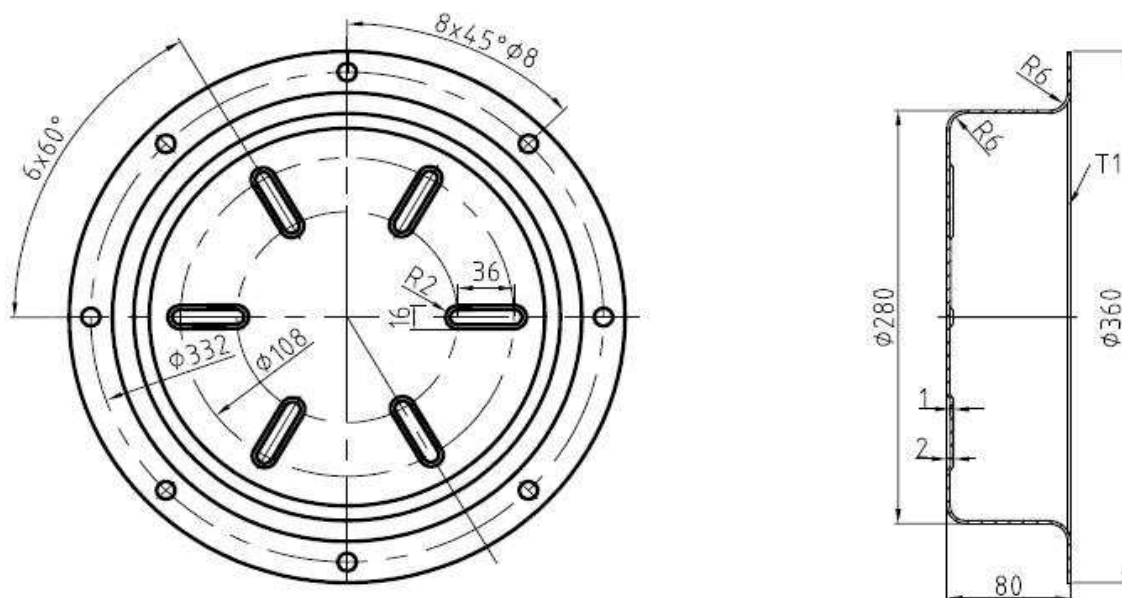
Hlavním důvodem použití mazání při technologii tažení je co nejvíce zmenšit tření nástroje o tažený materiál. Úkolem maziv je tedy snížit tření, aby nedošlo k porušení výtažku, zabránit rychlému opotřebení tažidel a také poškození povrchu výtažku, aby nevznikaly např. různé rýhy, poškrábání povrchu apod. Nanášíme jej jak na výtažek, tak na tažný nástroj. Mazivo musí spolehlivě přilnout na celý povrch tažené plochy a vytvořit celistvou vrstvu, která zůstane neporušena během celé tažné operace.

Při menších tlacích tažení (do 600 MPa) se používá pouze čisté mazivo bez plnidel. Pro větší tlaky (nad 600 MPa) je třeba do čistého maziva přidat plnidlo, které zaručí spolehlivé přilnutí k tažené ploše a odolá teplotě, která vzniká třením nástroje o tažený materiál. Jako plnidla lze použít mastek, plavená křída, uhlíčitan olovnatý, oxid zinečnatý, grafit a další. Správná volba plnidla závisí také na jeho náročnosti odstranění po skončení tažné operace z výtažku. Nejlépe zvolené mazivo by mělo zabránit styku tažnice s výtažkem a zároveň odstranění tohoto maziva z povrchu výtažku by mělo být snadné a nenáročné.

Pro tažení ocelí se u menších tlaků používá nejčastěji k mazání řepkový olej. Při vyšších tlacích se k řepkovému oleji přidá jako plnidlo zejména plavená křída nebo uhlíčitan olovnatý.

### 3 NÁVRH VÝROBY KRYTU

Nejvhodnější technologií pro výrobu zadané součásti bylo zvoleno tažení bez ztenčení stěny. Součást bude vyráběna z ocelového plechu tloušťky 1 mm. Materiálem je ocel 11 320 a je vhodná pro tvářecí technologii tažení. Výsledný tvar a rozměry krytu jsou znázorněny na obrázku 29. Při zhotovení výrobku budou zhotoveny i prolisy ve dně součásti. Otvory spolu s přírubou budou vystříhovány buď na jiném střížném nástroji nebo laseru.



Obr. 29 Tvar a rozměry vyráběné součásti

#### 3.1 Výpočet průměru přístřihu

Pro výrobu krytu je nutné nejprve určit velikost výchozího polotovaru. Tato velikost je dále důležitá při navrhování nástřihového plánu. Ke stanovení průměru lze použít vztahu (2.1), jehož podstatou je rozdělení součásti na jednoduché geometrické tvary a dosazení do daného vzorce. Další variantu výpočtu je možno provést dle vztahu (2.3), který je určen přímo pro výtažky s přírubou. Po výpočtu průměru je nutné u první tažné operace zvětšit přístřih o 3% a u dalších operací o 1%. Toto zvětšení je přídavek na ostřížení.

Výpočet dle vztahu (2.1) je počítán z celkové plochy. Vzorce pro jednotlivé obsahy ploch  $S_1 \div S_5$  jsou uvedeny v literatuře [2]. Jednotlivé rozměry ploch jsou zakótovány na obr. 30.

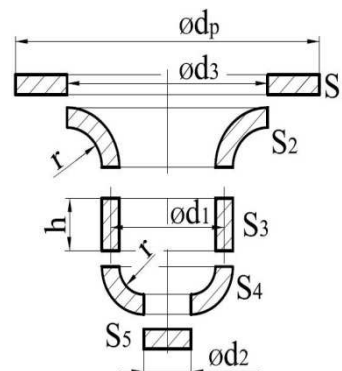
$$S_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_p^2 - d_3^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (360^2 - 290^2) = 35735,62 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_3 \cdot r - 4 \cdot r^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 290 \cdot 6 - 4 \cdot 6^2) = 8360,36 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = \pi \cdot d_1 \cdot h = \pi \cdot 279 \cdot 68 = 59602,29 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_2 \cdot r + 4 \cdot r^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 268 \cdot 6 + 4 \cdot 6^2) = 8161,36 \text{ mm}^2$$

$$S_5 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 268^2}{4} = 56410,44 \text{ mm}^2$$



Obr. 30 Plochy výtažku [16]

$$S_c = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 35735,62 + 8360,36 + 59602,29 + 8161,36 + 56410,44 = 168270,07 \text{ mm}^2.$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 168270,07}{\pi}} = 462,87 \text{ mm}$$

Dalším způsobem stanovení průměru přístřihu je dle vztahu (2.3). Pro výpočet je použit střední rozměr průměru pláště výtažku ( $d_1 = 279 \text{ mm}$ ).

$$D_0 = \sqrt{D_p^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h - 3,44 \cdot d \cdot r} = \sqrt{360^2 + 4 \cdot 279 \cdot 80 - 3,44 \cdot 278 \cdot 6} = 461,67 \text{ mm}$$

Hodnoty průměrů vyšly v obou metodách přibližně stejně. Velikost přístřihu bude zvolena podle 1. metody, která je z výpočtového hlediska přesnější. Tento průměr je nutné zvětšit o 3% z důvodu přídatku na ostřížení.

$$D_0 = D_0 \cdot 1,03 = 462,87 \cdot 1,03 = 476,76 \text{ mm}$$

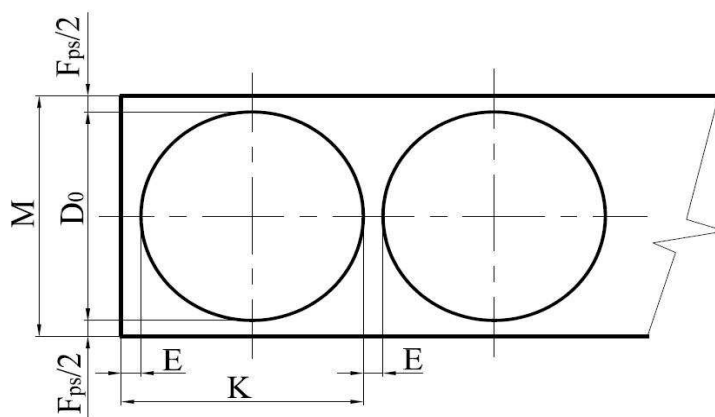
Pro výrobu krytu bude na střížném nástroji vystřihován přístřih o průměru 477 mm.

### 3.2 Nástřihový plán [6]

Přístřih pro výrobu krytu je možno vyrábět buď z tabule, nebo ze svitku plechu. Zhotovení ze svitku vyžaduje pomocné zařízení, jako jsou podávací, navíjecí a rovnací zařízení. Hala, ve které bude kryt vyráběn, bohužel není vybavena tímto potřebným zařízením. Přístřih bude tedy získáván z tabule plechu. Tato tabule bude nástřihána na pásy dle nejvýhodnější variant (A ÷ F). Pásy budou postupně vkládány do střížného nástroje, který vyrobí potřebný průměr přístřihu. Rozměry dodávaných tabulí jsou od firmy Feron [14] o velikostech:

- 1 x 1000 x 2000
- 1 x 1250 x 2500
- 1 x 1500 x 3000

Než se začne počítat využití materiálu plechu tabule, je nutné stanovit velikost kroku K a šířku pásu M. Dále je důležité stanovit vzdálenost mezery výstřižku od bočního okraje pásu  $F_{ps}/2$  a mezeru mezi výstřižky M, která je stejná s mezerou od počátku okraje pásu plechu. Ke správnému výpočtu jsou využity hodnoty velikostí průměru přístřihu a tloušťky materiálu, které jsou odečteny z grafu (příloha 3). Uspořádání výstřižků



Obr. 31 Nástřihový plán pásu plechu [6]

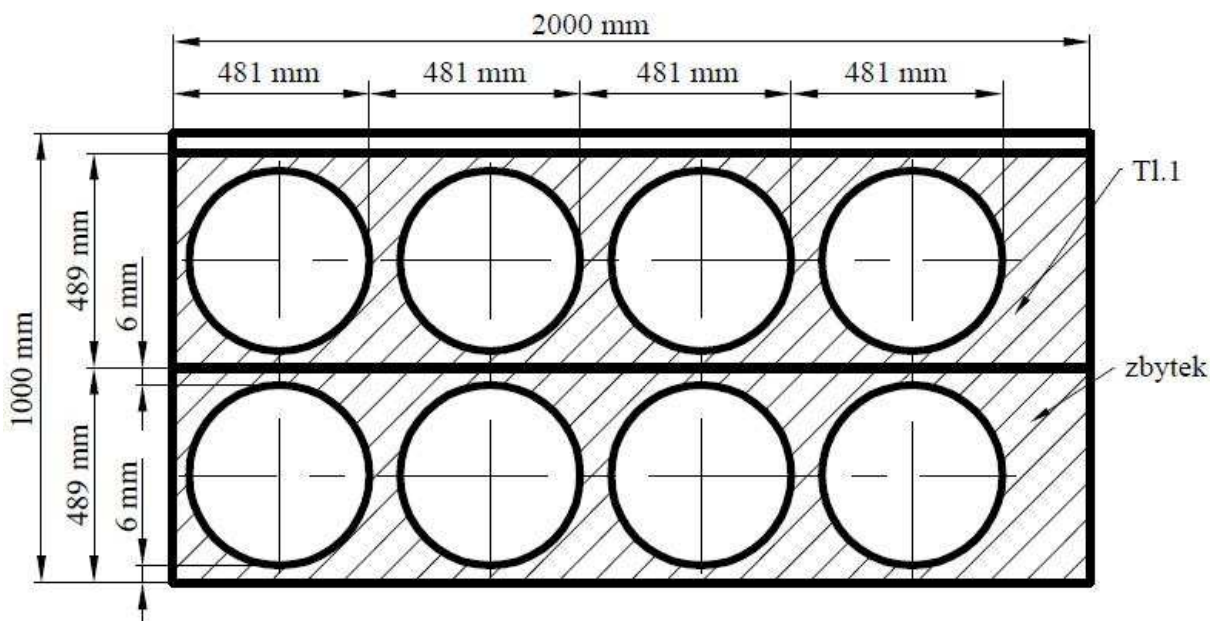
na pásu plechu a mezery mezi nimi a okrajem jsou znázorněny na obrázku 31.

$E_4, F_{ps4} = \text{přes } 100 \text{ mm} \gg E = 4 \text{ mm}, F_{ps} = 12 \text{ mm}$

$$M = D_0 + F_{ps} = 477 + 12 = 489 \text{ mm}$$

$$K = D_0 + E = 477 + 4 = 481 \text{ mm}$$

**varianta A** – Velikost tabule 1 x 1000 x 2000 mm. Pro výpočet je uspořádání pásů podélné, umístění průměrů přístřihu a rozměry tabule zobrazeny a zakótovány na obrázku 32.



Obr. 32 Varianta A

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_{pt} = \frac{\check{S}_{ta}}{M} = \frac{1000}{489} = 2,04 \text{ ks}$$

Dodanou tabuli je nutno před zhotovením přístřihů rozstříhat na podélné pásy. Výsledná hodnota počtu pásů z tabule se zaokrouhlí na nejbližší spodní celé číslo bez hodnoty za desetinnou čárkou. Konečný počet pásů z této tabule je 2 ks.

Počet přístřihů z pásu plechu:

$$n_{pp} = \frac{D_{pta}}{K} = \frac{2000}{481} = 4,16 \text{ ks}$$

Přístřihy na pásu plechu jsou seřazeny v řadě za sebou. Výsledná hodnota se rovněž jako v předchozím případě zaokrouhlí na spodní nejbližší celé číslo bez hodnoty za desetinnou čárkou. Konečná hodnota přístřihů tedy bude 4 ks.

Počet přístřihů z tabule plechu:

$$n_{pt} = n_{pt} \cdot n_{pp} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ ks}$$

Hodnota maximálního počtu přístřihů z jedné tabule plechu se získá vynásobením počtu pásů z jedné tabule počtem přístřihů z jednoho pásu tabule.

Počet tabulí na sérii:

$$n_s = \frac{n_r}{n_{pt}} = \frac{100000}{8} = 12500 \text{ ks}$$

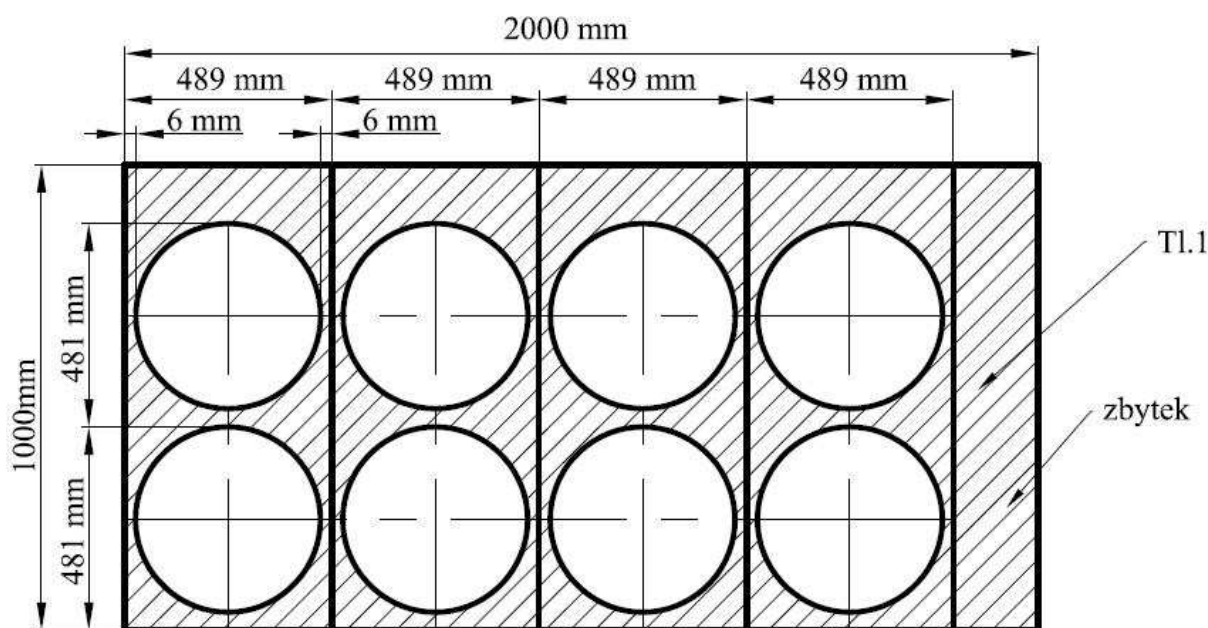
Ke stanovení počtu tabulí na sérii je nutné znát počet vyráběných kusů za rok. Podílem této hodnoty s hodnotou počtu kusů z jedné tabule se získá potřebný počet tabulí plechu pro celkovou výrobu. Výsledná hodnota se zaokrouhluje nahoru na nejbližší celé číslo bez hodnoty za desetinnou čárkou.

Využití tabule plechu v procentech:

$$V_p = \frac{n_{pt} \cdot S_{př}}{\check{S}_{ta} \cdot D_{ta}} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 178700,86}{1000 \cdot 2000} \cdot 100 = 71,48 \%$$

Při volbě nejvhodnější varianty pro výrobu přístřihu je nejdůležitějším ukazatelem využití tabule v procentech. Vyšší hodnota procentuelního využití má za následek použití menšího počtu tabulí plechu. Z hlediska ekonomiky a nákladů na použitý materiál je nejvýhodnější variantou výroba přístřihu z nejmenšího počtu tabulí plechu.

**varianta B** – Velikost tabule 1 x 1000 x 2000 mm. Pro výpočet je uspořádání pásů příčné, umístění průměrů přístřihu a rozměry tabule zobrazeny a zakótovány na obrázku 33.



Obr. 33 Varianta B

Počet pásů z tabule plechu:

$$n_{PT} = \frac{\check{S}_{ta}}{M} = \frac{2000}{489} = 4,09 \text{ ks}$$

Počet přístřihů z pásu plechu:

$$n_{pp} = \frac{D_{pta}}{K} = \frac{1000}{481} = 2,08 \text{ ks}$$

Počet přístřihů z tabule plechu:

$$n_{pt} = n_{PT} \cdot n_{pp} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ ks}$$

Počet tabulí na sérii:

$$n_s = \frac{n_r}{n_{pt}} = \frac{100000}{8} = 12500 \text{ ks}$$

Využití tabule plechu v procentech:

$$V_p = \frac{n_{pt} \cdot S_{př}}{\check{S}_{ta} \cdot D_{pta}} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 178700,86}{1000 \cdot 2000} \cdot 100 = 71,48 \%$$

Pro tabule plechů výše uvedených rozměrů byly provedeny výpočty při uspořádání pásů v podélném a příčném směru (příloha 3). Využití tabulí v procentech jsou vždy pro daný rozměr tabule stejné, ať už se jedná o uspořádání pásů plechu v podélném nebo příčném směru. V tabulce 7 jsou zapsány výsledné hodnoty pro jednotlivé rozměry tabulí.

Tab. 7 Výsledné hodnoty variant

Rozměr tabule	1x1000x2000	1x1250x2500	1x1500x3000
Počet tabulí plechu na sérii [ks]	12500	10000	5556
Počet přístřihů z tabule [ks]	8	10	18
Využití tabule plechu [%]	71,48	57,1	71,58

Nejvýhodněji vychází využití tabule o rozměrech 1x1500x3000 mm. Její využití je 71,58%. Pro výrobu přístřihu bude tabule nastřihávána na podélné pásy z důvodu menšího počtu pásů plechu a to až o jednu polovinu. Dalším z důvodů je střížný nástroj, který je konstruován pro tuto délku pásu.

### 3.3 Výpočet síly a práce

Pro výpočet tažné síly bude použit zjednodušený vzorec (2.13)

$$F_t = \pi \cdot d_1 \cdot s \cdot R_m \cdot n = \pi \cdot 279 \cdot 1 \cdot 350 \cdot 0,86 = 263827,81 N \cong 264 kN.$$

Hodnota koeficientu n je zapsána v kapitole 2.5 tabulka 5. Velikost meze pevnosti taženého materiálu je uvedena v kapitole 1 tabulka 1.

Maximální síla, při které dojde k utržení dna výtažku bude počítána dle vzorce (2.14).

$$F_{\max} = \pi \cdot d_1 \cdot s \cdot R_m = \pi \cdot 279 \cdot 1 \cdot 350 = 306776,52 N \cong 307 kN$$

Velikost síly  $F_{\max}$  splňuje podmínku, že je větší než síla  $F_t$ .

Protože kryt bude tažen s přidržovačem, je nutné stanovit jeho sílu. Tato síla bude počítána ze vztahu (2.15).

$$F_p = S_c \cdot p = \frac{(D_0^2 - D_{pr}^2)}{4} \cdot p = \frac{(477^2 - 286^2)}{4} \cdot 2,1 = 76509,83 N \cong 77 kN$$

kde:  $D_{pr}$  – průměr tažnice se zaoblením [mm].

Velikost měrného přidržovacího tlaku p je uvedena v kapitole 2.5 tabulka 6 a je určena v závislosti na tloušťce taženého materiálu.

Dalším výpočtem je stanovení síly na ražení prolisů ve dně krytu. Tato síla bude určena dle vztahu (2.16). V kapitole 2.5 je uvedena hodnota měrného tlaku elastomeru.

$$F_r = S_t \cdot q = \frac{\pi \cdot d_t^2}{4} \cdot q = \frac{\pi \cdot 278^2}{4} \cdot 20 = 1213974,23 \cong 1214 kN$$

Hodnota celkové síly bude stanovena pomocí vztahu (2.17).

$$F_c = F_t + F_p + F_r = 263827,81 + 76509,83 + 1213974,23 = 1554311,87 N \cong 1554 kN$$

Tažná práce bude počítána ze vztahu (2.18).

$$A = \frac{C \cdot F_c \cdot h}{100} = \frac{0,66 \cdot 340337,64 \cdot 79}{100} = 177452,05 J \cong 177 kJ$$

Hodnota koeficientu C je dle kapitoly 2.5 pro tažení bez kalibrování 0,66.

### 3.4 Technologické výpočty tažení

Pro vyhovující návrh nástroje je třeba provést technologické výpočty tažení. Mezi tyto výpočty patří:

- Počet tažných operací lze určit pomocí grafu nebo výpočtem. Určení pomocí grafu je pouze orientační, proto bude počet tažných operací stanoven pomocí součinitele tažení dle uvedeného vzorce (2.7). Minimální hodnoty součinitele tažení jsou uvedeny v kapitole 2.3.

$$d_1 = m_1 \cdot D_0 = 0,49 \cdot 477 = 233,73 \text{ mm}$$

Velikost vnitřního průměru pláště krytu je 278 mm. Dle vypočítaného průměru  $d_1$  lze jednou tažnou operací táhnout do minimálního průměru 233,73 mm. Kryt tedy bude vyráběn jednou tažnou operací.

- Tažná mezera je stanovena dle kapitoly 2.2 z tabulkových hodnot tabulky 2. Tloušťce plechu 1 mm odpovídá hodnota mezery 1,2 mm. Dle normy ČSN je pro jednooperační tažení velikost mezery počítána ze vztahu (2.4).

$$z = 1,2 \cdot s = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ mm}$$

Velikost tažné mezery vyšla v obou případech stejná, proto bude její velikost 1,2 mm.

- Při výrobě krytu hrozí zvlnění okrajů příruby. Proto je nutné určit, zda při tažení použít přidržovač nebo táhnout zadanou součást bez něj. Norma ČSN 22 7301 udává vztah (2.10).

$$\alpha = 50 \cdot \left( z_m - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) = 50 \cdot \left( 1,9 - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt[3]{477}} \right) = 88,6.$$

Aby bylo tažení prováděno s přidržovačem, musí být splněna podmínka  $\alpha \geq 100 \cdot d_1 / D_0$ .

$$\alpha \geq 100 \cdot d_1 / D_0 \Rightarrow 88,6 \geq 100 \cdot 280 / 477 \Rightarrow 88,6 \geq 58,7$$

Podmínka je splněna, proto dle normy ČSN 22 7301 bude kryt tažen s přidržovačem. Podle Freidlinga kapitola 2.4 je použití přidržovače počítáno ze vztahu (2.11)

$$\Delta s = (s / D_0) \cdot 100 = (1 / 477) \cdot 100 = 0,21.$$

V tomto případě je splněna podmínka  $\Delta s < 1,5$ , proto musí být kryt tažen s přidržovačem.

Dle Šofmana kapitola 2.4 vychází stanovení přidržovače ze vztahu (2.12)

$$D_0 - d_1 \leq 18 \cdot s \Rightarrow 477 - 279 \leq 18 \cdot 1 \Rightarrow 198 \geq 18.$$

Podmínka rovnice není splněna, proto je při výrobě krytu nutné použít přidržovač.

Pro zhotovení nástroje s přidržovačem nebo bez něj byly provedeny různé metody výpočtu. V každé z nich vyšel výsledek jednoznačného použití přidržovače. Nástroj tedy bude konstruován s přidržovačem.

- Stanovení poloměru zaoblení tažnice výpočtem dle vztahu (2.19).

$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{D_0 - d_1 \cdot s} = 0,8 \cdot \sqrt{477 - 279 \cdot 1} = 11,26 \text{ mm}.$$

Stanovení poloměru zaoblení tažnice dle normy ČSN 22 7301:

$$R_{te} = (6 \div 10) \cdot s = 6 \cdot 1 = 6$$

Pro zaoblení hrany tažnice bude zvolena metoda dle normy ČSN 22 7301 z důvodu předepsaného rádiusu na výkrese. Velikost tohoto rádiusu je R6 a vyhovuje velikosti zaoblení tažnice pomocí této normy.



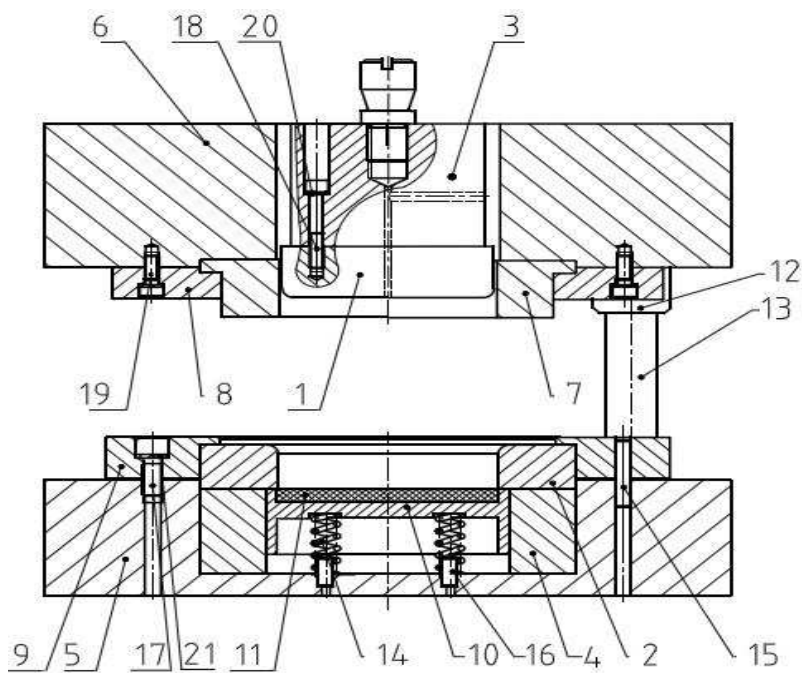
- Zaoblení tažníku by mělo být v první tažné operaci stejné jako zaoblení tažnice. Dle doporučených hodnot v tab. 7 je pro tažník o průměru větším než 200 mm doporučená hodnota zaoblení  $R_{tu} = (5 \div 7) \cdot s$ . Na výkrese krytu je navržena velikost rádiusu R6, proto bude velikost rádiusu vyhovovat jak podle tabulky, tak i podle rovnosti velikosti zaoblení tažnice.

### 3.5 Popis sestavy nástroje

Konstrukce tažného nástroje byla navržena tak, aby při jedné tažné operaci byl zhotoven tvar a prolisy ve dně výtažku. Skládá se z vrchní a spodní části, které jsou proti sobě vedeny dvěma vodícími sloupky (13) vedených ve vodících pouzdrech (12). Pro představu je nástroj zobrazen v řezu na obr. 34.

Horní část tažidla tvoří upínací deska (6), která je upínkami upevněna k vrchnímu stolu lisu. K upínací desce je základacím kroužkem (8) pomocí šroubů (19) upnut a vystředěn přídržovač (7). Otvorem v přídržovači a základové desce prochází tažník, který je pomocí stopky upnut v beranu lisu. Tažník se skládá ze dvou částí – tažníku (1) a těla tažníku (3). Obě tyto části spojují šrouby (18).

Spodní část tažidla tvoří základová deska (5), která je upínkami připevněna ke spodnímu stolu lisu. V desce je umístěna složená tažnice, kterou tvoří tělo tažnice (4) a tažnice (2). Celá tažnice je k základové desce upevněna základacím kroužkem (9) pomocí šroubů (17) a vystředěna kolíky (15). V tažnici je na pružinách (14) dorazová deska (10) s elastomerem (11). Pružiny jsou nasazeny na čepy (16), které jsou nalisovány v základní desce nástroje. Pod každým šroubem je umístěna pružná podložka (20 – 21).



Obr. 34 Sestava tažného nástroje

V průběhu tažné operace je přístřih plechu umístěn v základacím kroužku na tažnici nástroje. K materiálu sjede horní část nástroje. Přídržovač přidržuje tvářený materiál a potom jej začne tažník vtahovat do tažnice nástroje. Při dosažení potřebné hloubky výtažku dosedne dorazová deska na základovou desku. Zde je dále materiál vtláčován do elastomeru, který zhotoví prolisy ve dně výtažku. Po dokončení potřebného tvaru je hotový výtažek navrácen zpět směrem nahoru pomocí pružin, které slouží jako vyhazovače. Hotový výlisek odebere obsluha a vloží nový přístřih plechu na tažnici nástroje.

### 3.6 Volba stroje [19]

Zvoleným strojem pro výrobu krytu bude dvojčinný hydraulický lis CTH 250 (obr. 35). Lis je vhodný pro plošné i objemové tváření. Jeho jmenovitá síla je mnohonásobně větší než celková síla potřebná k tažení krytu, protože tento stroj je využíván i pro výrobu jiných součástí zhotovovaných tváření.

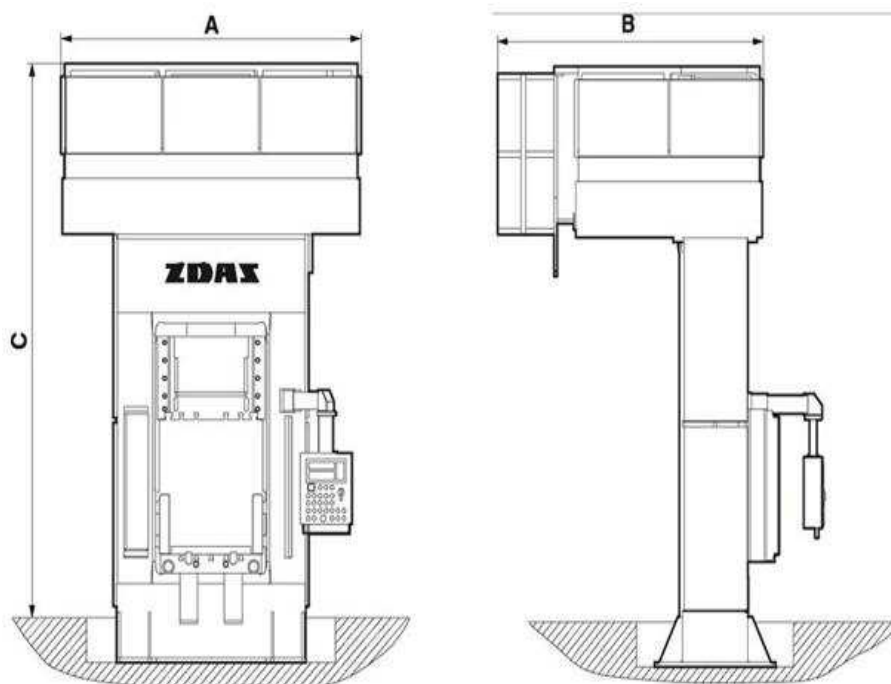
Vzhled lisu je typický svislým svařovaným stojanem, na kterém je umístěna uzavřená skříň. Ve skříni stroje tzv. příčnicku je umístěn dvojčinný válec. Válec je hlavní pracovní částí stroje. Beran lisu je umístěn v kluzném vedení, které je možno seřizovat podle potřeby. Dle požadavku zákazníka je možné stroj vybavit o různé přídavné zařízení, např. vyhazovače, upínky, zařízení na výměnu nástrojů, atd. Technické parametry stroje jsou uvedeny v tabulce 8. Rozměry lisu jsou zobrazeny na obr. 36.



Obr. 35 Hydraulický lis CTH 250 [19]

Tab. 8 Technické parametry lisu CTH 250 [19]

Jmenovitá síla	kN	2500
Sevřená výška	mm	800
Zdvih	mm	800
Upínací plocha stolu	mm	1000 x 1250
Půdorys lisu A x B	mm	3920 x 3000
Výška lisu C	mm	5600



Obr. 36 Rozměry lisu [19]

## 4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomickým zhodnocením budou určeny náklady pro výrobu jednoho kusu krytu a stanovení okamžiku, kdy se výroba stane ziskovou. Počet kusů v sérii za rok je 100 000 ks. Výrobní hala je vybavena potřebným zařízením pro zhotovení dané součásti, proto nebudou v ekonomických výpočtech zahrnuty náklady na stroj.

### A) Stanovení nákladů na materiál

Tabule plechu o rozměrech 1 x 1500 x 3000 mm budou nastříhány na pásy. Cena za 1 kg materiálu činí 21 Kč (stanovena firmou Hutní materiál Břeclav s.r.o a je bez DPH). Z jedné tabule budou nastříhány 3 pásy plechu.

Celková hmotnost jedné tabule:

$$m_{tp} = t_{pl} \cdot S_{pt} \cdot \rho_o = 0,001 \cdot (1,5 \cdot 3) \cdot 7850 = 35,4 \rightarrow 36 \text{ kg} \quad (4.1)$$

Celková hmotnost tabulí za rok:

$$m_{ct} = m_{tp} \cdot N_{tr} = 36 \cdot 5556 = 200016 \text{ kg} \quad (4.2)$$

Cena 1 tabule plechu:

$$C_{tp} = m_{tp} \cdot C_{tkg} = 36 \cdot 21 = 756 \text{ Kč} \quad (4.3)$$

Celková cena tabulí pro sérii za rok

$$C_{tp} = m_{tp} \cdot C_{tkg} = 756 \cdot 5556 = 4250340 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

Hmotnost jednoho přístřihu:

$$m_s = S_{př} \cdot t_{pl} \cdot \rho_o = 0,177 \cdot 0,001 \cdot 7850 = 1,4 \text{ kg} \quad (4.5)$$

Celková hmotnost přístřihů za rok:

$$m_{cs} = m_s \cdot N_{ks} = 1,4 \cdot 100000 = 140000 \text{ kg} \quad (4.6)$$

Celková hmotnost odpadu:

$$m_o = m_{ct} - m_{cs} = 200016 - 140000 = 60016 \text{ kg} \quad (4.7)$$

Zhodnocení odpadu:

Výkupní cena odpadu je stanovena na  $C_o = 4,5 \text{ Kč/kg}$ .

$$N_o = m_o \cdot C_o = 60016 \cdot 4,5 = 270072 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_{cm} = C_{tp} - N_o = 4250340 - 270072 = 3980268 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

Cena materiálu pro výrobu jedné součásti:

$$C_s = \frac{N_{cm}}{N_{ks}} = \frac{3980268}{100000} = 39,8 \text{ Kč} \quad (4.10)$$

### B) Stanovení nákladů na mzdy

Při stanovení nákladů na mzdy bude délka pracovní doby 7,5 hod. Po odečtení přípravného ( $t_{př} = 0,5 \text{ hod.}$ ) a kontrolního ( $t_{ko} = 0,5 \text{ hod.}$ ) času je hodnota výrobního času  $t_v = 6,5 \text{ hod.}$

Počet součástí zhotovených za hodinu:

Z důvodu ukládání a odebírání přístřihů plechu obsluhou je stanoven počet zdvihů lisu na  $n_l = 2 \text{ min}^{-1}$ .

$$n_{zs} = n_l \cdot 60 = 2 \cdot 60 = 120 \text{ ks/hod} \quad (4.11)$$

Počet kusů za směnu:

$$n_{ks} = n_{zs} \cdot t_v = 120 \cdot 6,5 = 780 \text{ ks/směna} \quad (4.12)$$

Počet směn na sérii:

$$n_s = \frac{N_{ks}}{n_{ks}} = \frac{100000}{780} = 128,21 \quad (4.13)$$

K vyrobení 100000 kusů krytů budou potřebné směny zaokrouhleny na 129 směn.

Počet hodin pro výrobu jedné série:

$$n_h = n_s \cdot (t_v + t_{př} + t_{ko}) = 129 \cdot (6,5 + 0,5 + 0,5) = 967,5 \text{ hod} \quad (4.14)$$

Náklady na mzdy:

Hodinová mzda firmy, ve které je součást vyráběna, činí  $v_p = 230$  Kč/hod.

$$N_{nm} = n_h \cdot v_p = 967,5 \cdot 230 = 222525 \text{ Kč} \quad (4.15)$$

Hodnota sociálního a zdravotního pojištění ze mzdy:

$$N_{saz} = 0,34 \cdot N_{nm} = 0,34 \cdot 222525 = 75658,5 \text{ Kč} \quad (4.16)$$

Celkové náklady na mzdy:

$$N_{nmz} = N_{nm} + N_{saz} = 222525 + 75658 = 298183,5 \text{ Kč} \quad (4.17)$$

### C) Stanovení nákladů na nástroje

Ceny nákladů na nástroje byly stanoveny odborným odhadem.

Nástroj pro vystřížení přístřihu plechu 35 000 Kč

Nástroj pro vytažení tvaru s prolisy ve dně krytu 70 000 Kč

Nástroj pro zhotovení otvorů v přírubě krytu 40 000 Kč

Celkové náklady na nástroje činí  $N_{na} = 145\,000$  Kč.

### D) Stanovení ceny součásti

Náklady pro výrobu jedné součásti:

$$N_{vs} = \frac{N_{cm} + N_{na}}{N_{ks}} = \frac{3980268 + 145000}{100000} = 41,25 \text{ Kč} \quad (4.18)$$

Celková cena součásti se ziskem (zisk = 50%)

$$C_{cs} = N_{vs} \cdot 1,25 = 41,25 \cdot 1,25 = 51,56 \text{ Kč} \quad (4.19)$$

Cena jedné součásti bude zaokrouhlena na 62 Kč.

### E) Stanovení nákladů výrobní a správní režie

Výrobní režie.....120%  $\Rightarrow R_v = 1,2$

Správní režie..... 340%  $\Rightarrow R_s = 3,4$

$$R_{ns} = (R_v + R_s) \cdot N_{nmz} = (1,2 + 3,4) \cdot 298183,5 = 1371644,1 \text{ Kč} \quad (4.20)$$

Náklady na celkové mzdy:

$$N_{ncm} = N_{cm} + R_{ns} = 337077 + 1371644,1 = 1708721,1 \text{ Kč} \quad (4.21)$$

**F) Stanovení bodu zvratu [18]**

Fixní náklady:

$$FN = N_{na} + N_{ncm} - N_{nmz} = 145000 + 1708721,1 - 337077 = 1516644,1 \text{ Kč} \quad (4.22)$$

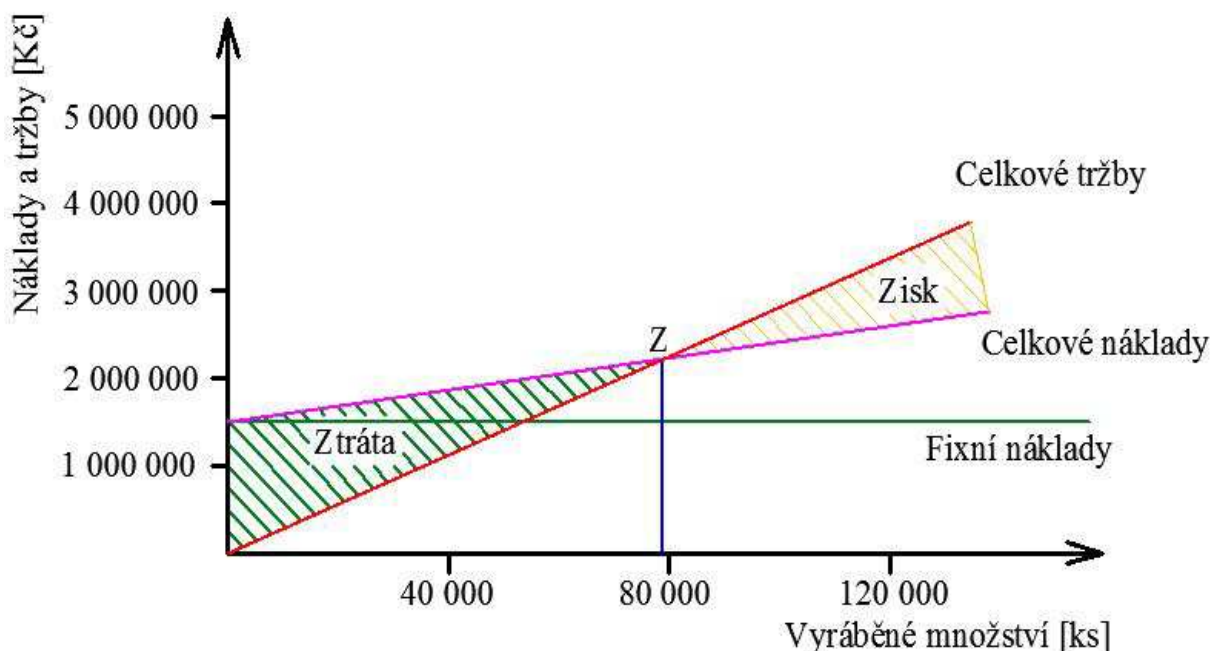
Variabilní náklady:

$$VN = C_s + \frac{N_{nmz}}{N_{ks}} = 39,8 + \frac{298183,5}{100000} = 42,78 \text{ Kč/ks} \quad (4.23)$$

Bod zvratu:

$$Z = \frac{FN}{C_{cs} - VN} = \frac{1516644,1}{62 - 42,78} = 78909,68 \text{ ks} \quad (4.24)$$

Z hlediska ekonomického zhodnocení bylo výpočtem zjištěno, že při zhotovení 78 910 ks dojde k bodu zvratu 'Z' a výroba se stává ziskovou. Při sérii 100 000 ks za rok je výroba součástí touto technologií z ekonomického hlediska výhodná. Odpisy a cena stroje určeného pro výrobu součástí jsou zohledněny v režii firmy.



Obr. 37 Graf bodu zvratu 'Z'

Na obr. 37 je zobrazen graf, který znázorňuje vztah mezi náklady, tržbami a vyráběným množstvím součástí. Dle výše uvedených výpočtů je v grafu zaznačen bod zvratu Z a pomocí bodu zvratu a dalších veličin je možné určit, do jakého momentu bude sériová výroba krytu zisková a kdy naopak bude ve ztrátě.

## 5 ZÁVĚR

Vyráběný kryt slouží k zakrytí ložiska motoru. Materiálem byl zvolen plech z oceli 11 320. Pro zhotovení součástky byla z uvažovaných výrobních technologií vybrána jako nejvhodnější technologie tažení bez ztenčení stěny. Velikost série je stanovena na 100 000 Ks/rok.

Pro výrobu krytu, který je rotačního tvaru, byl spočítán průměr přístřihu 477 mm. Tento polotovár bude vyráběn z tabule plechu o rozměrech 1 x 1500 x 3000 mm.

Dle vypočtených sil byl zvolen vhodný stroj hydraulický dvojčinný lis CTH 250 od společnosti ŽĐAS a.s.. Tento lis je součástí partu firmy, kde bude výroba probíhat. Na základě vybraného stroje byl podle technologických výpočtů zkonstruován tažný nástroj, který je navržen pro zhotovení tvaru a prolisů ve dně výtažku.

Z ekonomického hlediska byla stanovena celková cena jedné součástky, která se skládá z nákladů a 50% zisku, na částku ve výši 62 Kč. Cena stroje a odpisy jsou zohledněny v režii výrobního podniku. Dle výše fixních, variabilních nákladů a ceny součástky byl stanoven bod zvratu. Výsledkem ekonomického hodnocení je, že při sériové výrobě nad 78 910 ks se výroba stává ziskovou.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; NOVOTNÝ, Karel . *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. s.r.o. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
2. EICHLER COMPANY, *Katalog zboží – pružiny* [online]. 2012 [cit. 2013-05-24]. Dostupné z: <http://www.eichlercompany.cz>
3. Feron, a.s. *Velkoobchod hutním materiálem* [online]. 2004-2013 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: [http://www.feron.cz/cze/katalog/mat\\_normy.php](http://www.feron.cz/cze/katalog/mat_normy.php)
4. FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. Brno: Vysoké učení technické v brně, 1991, 187 s. ISBNn80-214-0294-6.
5. FURBAUER, Ivan. *Lexikon technických materiálů*. Praha: Odborné nakladatelství technické literatury, 2001. 500s. ISBN 80-86229-02-5.
6. GAJDOŠ, F. *Technologie výroby 1: Tváření* [online]. Studijní opory pro podporu samostudia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 43 s. [cit. 2013-04-14]. Dostupné z [www:](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_vyroby_I__tvareni__gajdos.pdf)  
[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/technologie\\_vyroby\\_I\\_\\_tvareni\\_\\_gajdos.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_vyroby_I__tvareni__gajdos.pdf)
7. HI CRAFT METAL. *Deep drawing* [online]. Dostupný z: <http://www.hicraftmetal.com/services.htm>, [cit. 2013-01-04]
8. KOTOUČ, Jiří; ŠANOVEC Jan; ČERMÁK Jan; MÁDLE Luděk. *Tvářecí nástroje* Praha: 1993. 349 s.
9. MAŇAS, Stanislav, VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ. *Část: TVÁŘECÍ STROJE* [online]. 2006/2007 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: [http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor\\_stud/VSZ\\_-\\_2351054/VSZ\\_-\\_Tvareci\\_stroje.pdf](http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor_stud/VSZ_-_2351054/VSZ_-_Tvareci_stroje.pdf)
10. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje. I*. Brno: VUT v Brně, 1992, s. 186. ISBN 80-214-0401-9.
11. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: část tvářecí stroje*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2002. 27 s.
12. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření 2* [online]. 2001 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: [http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod\\_TV1.pdf](http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV1.pdf)
13. *Potřeby pro cukráře* [online]. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupný z: <http://www.potrebyprocukrare.cz/cs/53-kotliky-misy>
14. ROMANOVSKIJ, V. P. *Příručka pro lisování za studena*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621. 986.
15. *Technologie II*. [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2005 [cit. 2012-11-16]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/09.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm)
16. TIŠNOVSKÝ, Miroslav; MÁDLE, Luděk. *Hluboké tažení plechu na lisech*. Praha : SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.
17. *Zahradní centrum* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupný z: <http://www.habitat-cz.cz/zahradni-centrum>
18. Zisk. In: *Bod zvratu* [online]. 2011 [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.ebitda.cz/zisk/8-bd-zvratu>
19. Žďas, a.s. *Lisy hydraulické universální CTH* [online]. 2013 [cit. 2013-02-01]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz>

## SEZNAM SYMBOLŮ

Symbol	Popis	Jednotka
A	práce	[J]
A <sub>t</sub>	tažnost	[%]
C	součinitel zaplnění diagramu	[-]
C <sub>cs</sub>	celková cena součástky se ziskem	[Kč]
C <sub>o</sub>	výkupní cena odpadu	[kč/kg]
C <sub>s</sub>	cena materiálu jedné součástky	[Kč]
C <sub>tkg</sub>	cena za 1 kg plechu	[Kč]
C <sub>tp</sub>	cena jedné tabule plechu	[Kč]
d	vnitřní průměr výtažku	[mm]
D <sub>0</sub>	průměr přístřihu plechu	[mm]
d <sub>1</sub>	střední průměr výtažku	[mm]
d <sub>i</sub>	vnitřní průměr příruby pro daný tah	
d <sub>p</sub>	průměr příruby	[mm]
D <sub>př</sub>	průměr příruby se zaoblením	[mm]
D <sub>pta</sub>	délka pásu tabule	[mm]
E	mezera mezi výstřižky	[mm]
F <sub>c</sub>	celková síla	[N]
F <sub>j</sub>	jmenovitá síla lisu	[N]
F <sub>max</sub>	maximální síla	[N]
FN	fixní náklady	[Kč]
F <sub>p</sub>	síla přidržovače	[N]
F <sub>ps</sub>	vzdálenost od okraje pásu	[mm]
F <sub>r</sub>	síla na ražení prolisů	[N]
F <sub>t</sub>	tažná síla	[N]
g	celkový zdvih lisu	[mm]
h	výška výtažku	[mm]
K	krok	[mm]
m	součinitel tahu	[-]
M	šířka pásu	[mm]
m <sub>cs</sub>	celková hmotnost přístřihů za rok	[kg]
m <sub>ct</sub>	celková hmotnost tabulí	[kg]
m <sub>o</sub>	celková hmotnost odpadu za rok	[kg]
m <sub>s</sub>	hmotnost jednoho přístřihu	[kg]
m <sub>tp</sub>	hmotnost tabule plechu	[kg]
n	počet otáček lisu	[m. min <sup>-1</sup> ]
N <sub>cm</sub>	celkové náklady na materiál	[Kč]
N <sub>cm</sub>	náklady na celkové mzdy	[Kč]
n <sub>h</sub>	počet hodin na výrobu jedné série	[hod.]
n <sub>ks</sub>	počet kusů za směnu	[ks/směna]
n <sub>l</sub>	počet zdvihů lisu	[min <sup>-1</sup> ]
N <sub>na</sub>	náklady na nástroje	[Kč]
N <sub>nm</sub>	náklady na mzdy	[Kč]
N <sub>nmz</sub>	celkové náklady na mzdy	[Kč]
N <sub>o</sub>	cena odpadu	[Kč]
n <sub>pp</sub>	počet přístřihů z pásu	[ks]
n <sub>PT</sub>	počet pásů z tabule	[ks]



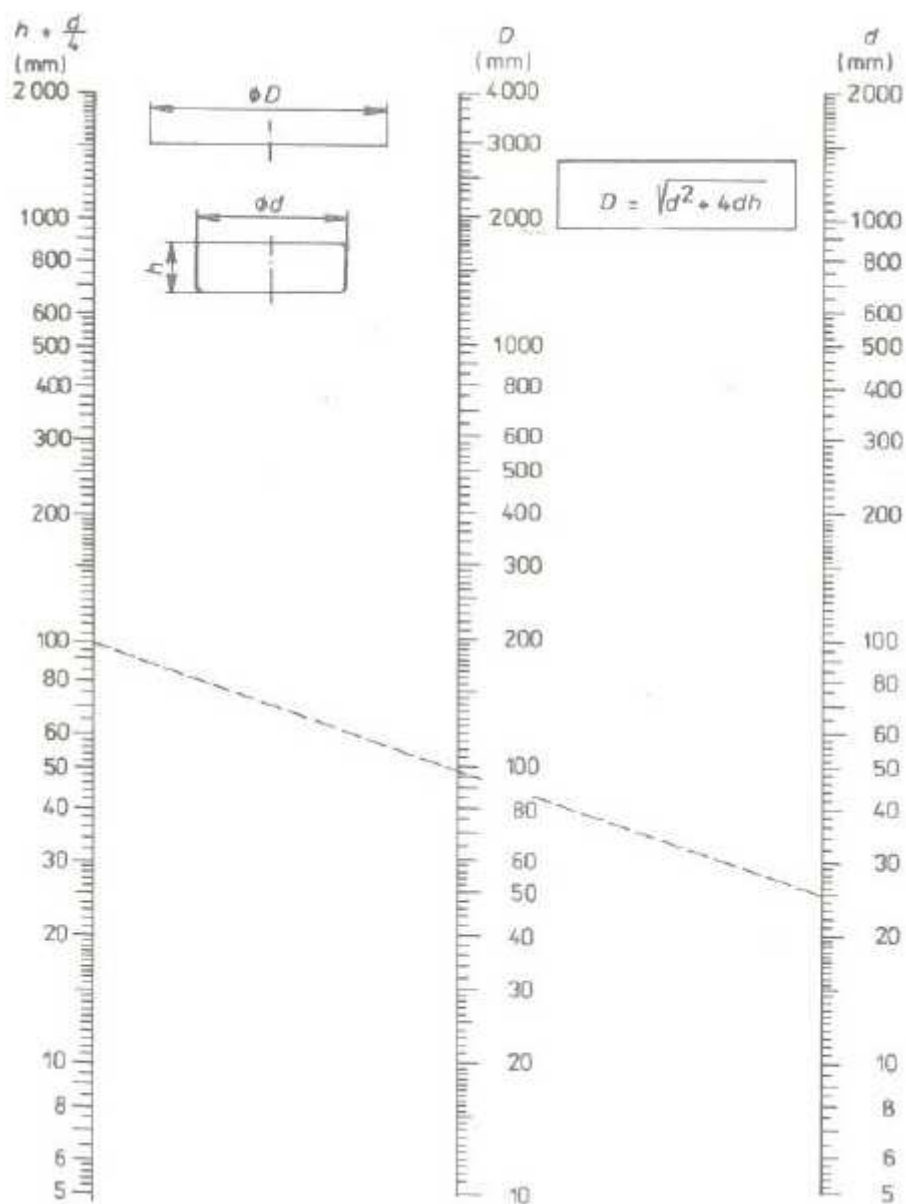
$n_{pt}$	počet přístřihů z tabule plechu	[ks]
$n_r$	počet kusů za rok	[ks]
$n_s$	počet tabulí plechu na sérii	[ks]
$N_{saz}$	náklady na sociální a zdravotní pojištění	[Kč]
$n_{\bar{s}}$	počet směn na sérii	[-]
$N_{tr}$	počet tabulí za rok	[ks]
$N_{vs}$	náklady na výrobu jedné součástky	[Kč]
$n_{zs}$	počet součástí zhotovených za hodinu	[ks]
$p$	tlak kapaliny	[MPa]
$p_l$	pracovní pohyb tažníku	[mm]
$p_p$	měrný přidržovací tlak	[MPa]
$q$	měrný tlak elastomeru	[MPa]
$r$	poloměr zaoblení	[mm]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$R_{ns}$	náklady výrobní a správní režie	[Kč]
$R_s$	správní režie	[%]
$R_{te}$	zaoblení tažnice	[mm]
$R_{tu}$	zaoblení tažníku	[mm]
$R_v$	výrobní režie	[%]
$s$	tloušťka plechu	[mm]
$S_c$	celková plocha součásti	[mm <sup>2</sup> ]
$S_c$	činná plocha pod přidržovačem	[mm <sup>2</sup> ]
$S_i$	dílčí plochy výtažku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{př}$	plocha přístřihu plechu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{pt}$	plocha tabule plechu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_t$	plocha tažníku	[mm <sup>2</sup> ]
$\bar{S}_{ta}$	šířka tabule	[mm]
$\bar{S}_{ta}$	šířka tabule plechu	[mm]
$t_{ko}$	čas kontrolní	[hod.]
$t_{př}$	čas přípravný	[hod.]
$t_v$	čas výrobní	[hod.]
$v$	tažná rychlost	[m.min <sup>-1</sup> ]
$VN$	variabilní náklady	[Kč/ks]
$V_p$	využití tabule plechu	[%]
$v_p$	hodinová mzda firmy	[Kč]
$w$	koeficient závislý na koeficientu tahu	[-]
$z$	tažná mezera	[mm]
$Z$	bod zvratu	[ks]
$z_m$	materiálová konstanta	[-]
$\alpha_s$	konstanta	[-]
$\alpha$	úhel zkosení přidržovače	[°]
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	napětí	[MPa]
$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$	deformace	[-]
$\rho_o$	hustota oceli	[kg.m <sup>-3</sup> ]

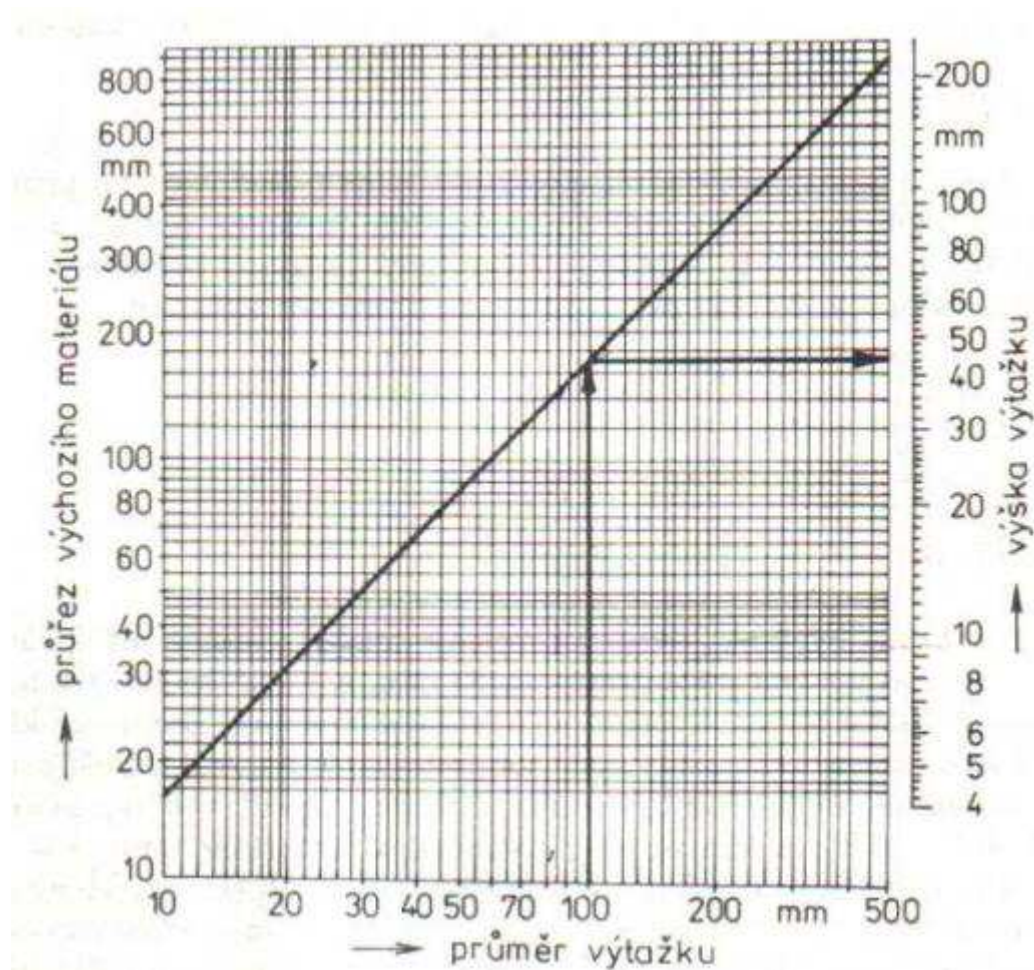
## SEZNAM PŘÍLOH

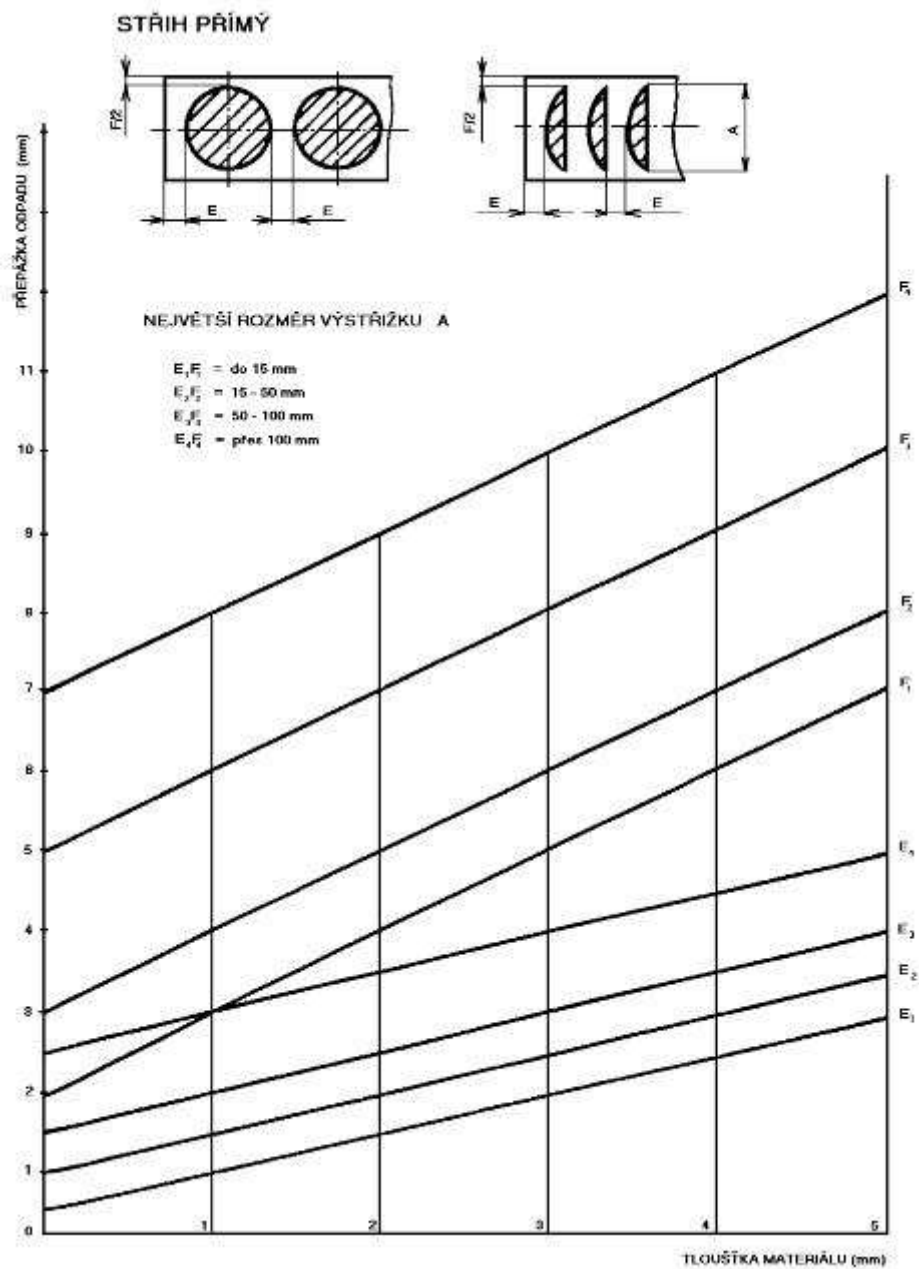
- Příloha č. 1 - Graf pro výpočet průměru přístřihu.  
Příloha č. 2 – Nomogram k určení výšky výtažku v prvním tahu.  
Příloha č. 3 – Nomogram pro určení při stříhání.  
Příloha č. 4 – Údaje o pružinách









## SEZNAM VÝKRESŮ

Název výkresu	Číslo výkresu
Výkres krytu	BP-126515-2013-01
Výkres sestavy	BP-126515-2013-02
Výkres tažníku	BP-126515-2013-03
Výkres tažnice	BP-126515-2013-04
Kusovník 1	BP-126515-2013-14
Kusovník 2	BP-126515-2013-15







D <sub>H</sub>		D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	N. di catalogo Catalogue No. Bestellnummer N° de catalogue	Rigidità Rate Rigidéz Raideur	 25%		 30%		 40%		 D	
b x h						 3.000.000	 1.500.000	 Max. Defl.	 Approx.				
mm	mm	mm		N / mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N	
40	20	51	<b>V 40 - 051</b>	92.0	12.8	1178	15.3	1408	20.4	1877	25.5	2346	
		64	<b>V 40 - 064</b>	73.0	16.0	1168	19.2	1402	25.6	1869	31.4	2292	
		76	<b>V 40 - 076</b>	63.0	19.0	1197	22.8	1436	30.4	1915	37.8	2381	
		89	<b>V 40 - 089</b>	51.0	22.3	1137	26.7	1362	35.6	1816	44.3	2259	
		102	<b>V 40 - 102</b>	43.0	25.5	1097	30.6	1316	40.8	1754	50.7	2180	
		115	<b>V 40 - 115</b>	39.6	28.8	1140	34.5	1366	46.0	1822	58.1	2301	
		127	<b>V 40 - 127</b>	37.0	31.8	1177	38.1	1410	50.8	1880	64.6	2390	
		139	<b>V 40 - 139</b>	32.0	35.0	1120	42.0	1344	56.0	1792	70.1	2243	
		152	<b>V 40 - 152</b>	28.0	38.0	1064	45.6	1277	60.8	1702	76.6	2145	
		178	<b>V 40 - 178</b>	25.2	44.5	1121	53.4	1346	71.2	1794	90.4	2278	
		203	<b>V 40 - 203</b>	22.7	50.8	1153	60.9	1382	81.2	1843	102.4	2324	
		254	<b>V 40 - 254</b>	17.0	63.5	1080	76.2	1295	101.6	1727	128.8	2190	
8.1 x 4.0		305	<b>V 40 - 305</b>	14.8	76.3	1129	91.5	1354	122.0	1806	156.1	2310	